

# EUROPEAN PATENT OFFICE

## Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 2000222734  
PUBLICATION DATE : 11-08-00

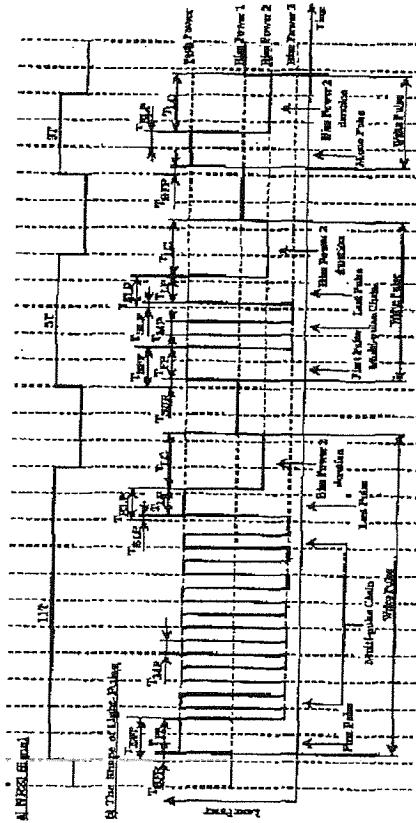
APPLICATION DATE : 07-10-99  
APPLICATION NUMBER : 2000048908

APPLICANT : HITACHI LTD;

INVENTOR : TODA TAKESHI;

INT.CL. : G11B 7/0045 G11B 7/125

TITLE : INFORMATION RECORDING METHOD



ABSTRACT : PROBLEM TO BE SOLVED: To record information on a recording medium which is put into a first condition by energy beams having a first power level and into a second condition by energy beams having a second power level that is higher than the first power level.

SOLUTION: Information is recorded on a recording medium by relatively moving energy beams and the medium, irradiating the medium with the beams and forming the first and the second conditions with a prescribed length and a prescribed interval on the medium. Energy beams having four power levels (first to fourth power levels) are used. Information is recorded while changing the second power level to  $x$  times and the first, the third and the fourth power levels to  $y$  times. The information thus recorded is reproduced and reproducing jitter is observed. The magnification factors  $x$  and  $y$  are adjusted so that the value of the reproducing jitter becomes not more than a prescribed value. Thus, information is stably and reliably recorded on the recording medium at all times.

COPYRIGHT: (C)2000,JPO

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-222734

(P2000-222734A)

(43) 公開日 平成12年8月11日 (2000.8.11)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

G 11 B 7/0045  
7/125

識別記号

F I

テマゴト<sup>\*</sup> (参考)

G 11 B 7/0045  
7/125

A  
C

審査請求 未請求 請求項の数1 OL (全28頁)

(21) 出願番号 特願2000-48908(P2000-48908)  
(62) 分割の表示 特願平11-286341の分割  
(22) 出願日 平成11年10月7日 (1999.10.7.)  
  
(31) 優先権主張番号 特願平10-289071  
(32) 優先日 平成10年10月12日 (1998.10.12.)  
(33) 優先権主張国 日本 (JP)  
(31) 優先権主張番号 特願平10-290282  
(32) 優先日 平成10年10月13日 (1998.10.13.)  
(33) 優先権主張国 日本 (JP)  
(31) 優先権主張番号 特願平10-332242  
(32) 優先日 平成10年11月24日 (1998.11.24.)  
(33) 優先権主張国 日本 (JP)

(71) 出願人 000005108  
株式会社日立製作所  
東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地  
(72) 発明者 神藤 英彦  
東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地  
株式会社日立製作所中央研究所内  
(72) 発明者 宮内 錠  
東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地  
株式会社日立製作所中央研究所内  
(74) 代理人 100075096  
弁理士 作田 康夫

最終頁に続く

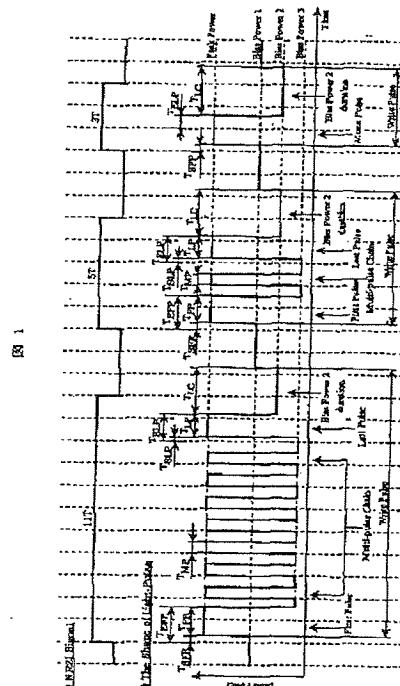
(54) 【発明の名称】 情報記録方法

(57) 【要約】

【課題】 情報が記録される記録媒体は、エネルギー ビームの第1のパワーレベルで第1の状態に、エネルギー ビームの第1のパワーレベルよりも高い第2のパワーレベルで第2の状態にする。

【解決手段】 情報は、エネルギー ビームと記録媒体とを相対的に移動させてエネルギー ビームを記録媒体に照射して第1の状態と第2の状態とを所定の長さ及び間隔で記録媒体上に形成することによって、記録媒体に記録される。エネルギー ビームとしては、4つのパワーレベル (第1乃至第4のパワーレベル) のエネルギー ビームが用いられる。情報は、第2のパワーレベルをx倍に変化させるとともに第1、第3及び第4のパワーレベルをy倍に変化させながら記録される。このように記録された情報を再生して、再生ジッタが観測される。再生ジッタの値が所定の値以下となるように、倍率x及び倍率yが調整される。

【効果】 常に安定して信頼性よく情報を記録媒体に記録できる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】エネルギービームの第1のパワーレベルで第1の状態に、前記エネルギービームの前記第1のパワーレベルよりも高い第2のパワーレベルで第2の状態にすることが可能な記録媒体を用い、前記エネルギービームと前記記録媒体とを相対的に移動させて前記エネルギービームを前記記録媒体に照射して前記第1の状態と前記第2の状態とを所定の長さ及び間隔で前記記録媒体上に形成することにより情報を前記記録媒体に記録する情報記録方法であって、前記第1のパワーレベルと等しいか低い第3のパワーレベルを設け、前記記録媒体に前記第2の状態の領域を形成する際に、前記第2の状態の領域を特定の長さに形成する場合は、前記第2のパワーレベルの期間に前記第3のパワーレベルの期間を混在させて前記エネルギービームをマルチパルス化して前記エネルギービームを前記記録媒体に照射し、前記第1のパワーレベルと等しいか低い第4のパワーレベルを設け、前記マルチパルス化されたエネルギービームの最終のパルスに引き続いて、前記第4のパワーレベルで所定の期間前記エネルギービームを前記記録媒体に照射し、前記第2のパワーレベルをx倍して新たな第2のパワーレベルとし、前記第1のパワーレベルをy倍して新たな第1のパワーレベルとし、前記第3のパワーレベルをy倍して新たな第3のパワーレベルとし、前記第4のパワーレベルをy倍して新たな第4のパワーレベルとし、倍率x及び倍率yの値を種々に変化させながら前記記録媒体に情報を記録するとともに、前記記録された情報を再生して再生信号を得、前記再生信号の再生ジッタの値が所定の値以下になるように前記倍率x及び前記倍率yの値を調整する、情報記録方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、エネルギービームの照射により情報の記録が可能な記録媒体を用いる情報記録方法、情報記録媒体及び情報記録装置に関し、特に、相変化光ディスクに対し優れた効果を発揮する情報記録方法、情報記録媒体及び前記情報記録方法を用いる情報記録装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】従来の書き換え可能な記録膜への記録・消去方法は、例えば、特開昭62-175948号公報に示されているような交換結合2層膜を記録膜とした光磁気ディスクを用いた場合や、特開昭62-259229号公報に示されているような記録するレーザ照射時間とほぼ同じ程度の時間で結晶化が行える高速消去が可能な相変化型光ディスク用記録膜を用いた場合に、いずれも読み出しパワーレベルより高い少なくとも2つのパワーレベル（すなわち、少なくとも高いパワーレベルと中間のパワーレベル）との間で1つのエネルギービームのパワーレベルを変化させることにより行っていた。この

方法では、既存の情報を消去しながら新しい情報を記録する、いわゆるオーバーライト（重ね書きによる書き換え）が可能になるという利点がある。また、特開昭62-259229号公報及び特開平3-185629号公報に示されているように、高いパワーレベルと中間のパワーレベルと中間のパワーレベルよりも低いパワーレベルとの3つのパワーレベルの間でエネルギービームを変化させることにより、記録マークが涙滴型になる（記録マーク後方が前方に比較して幅広になる）現象を抑えることができる。

【0003】また、最近、相変化材料を用いて120mm径の円板で片面の記憶容量が2.6GBを実現するDVD-RAMが実用化されている。ここで採用された記録制御方法は、JIS規格120mm DVD-Rwritable Disk (DVD-RAM) JIS X 6243（以下、「規格書JIS X 6243」と称する。）の86ページに記述されている。この規格書には、上記3つのパワーレベルによる制御が述べられている。

【0004】現在、相変化記録膜を用いた書き換え可能型デジタルビデオディスク（DVD-RAM）の高密度化の研究が進んでいる。DVD-RAMのように、相変化記録膜にマークエッジ記録を行なう光ディスク装置では、マーク形状歪みや消え残りを防ぐために、記録膜に記録マークを形成するために記録膜を融解させた領域の外縁部のどこにおいても、記録時の到達温度及び冷却速度がほぼ同じであるようにする必要がある。しかし、これまで知られている各種の記録波形では、このような条件を十分に満たすことができず、実現可能な記録密度に制約があった。

【0005】また、記録媒体の記録特性は、記録媒体の製造者、製造時期及びロット毎に異なるのが常であり、高密度の記録をしようとすればするほど、記録における互換性を確保することが困難になる傾向があった。

【0006】特に2.6GBよりも高密度になる4.7GBの記録容量のDVD-RAMでは、2.6GBと同じスポット径で記録することにより、2.6GBとの互換性を取り易くすることになっている。しかし、同じスポット径で線密度を詰めていくと、レーザー光の記録媒体上での光スポット径に比べて、隣接する2つの記録パルスが記録媒体上に照射される位置の間隔は小さくなる。そのため、光の分布が2.6GBのときに比較してオーバーラップするので、そのために生じる記録マーク形状歪みを防止する必要がある。このために、パワーレベルを増やし、4つのパワーレベルの間でエネルギービームを変化させるなどの、より複雑に変調された記録波形制御を使うことが考えられる。このような複雑な記録波形では、適切な設定さえされれば、良好な形状の記録マークが形成できる。しかし、エネルギーレベルの数が増えると、各エネルギーレベルをいかに最適化したらよ

いかという問題が発生する。すなわち、各エネルギーレベルが適切に設定された場合、記録マーク形状歪みの少ない良好な記録マークが形成できる反面、エネルギーバランスが微妙になり、かつ、エネルギーレベルが多い分、エネルギーレベルを最適化する手順が複雑となる問題（第1の問題）があった。

【0007】また、上述した規格書JIS X 6243の86ページに記述されている従来の書き換え可能な記録膜への記録・消去方法では、上記3つのパワーレベルによる制御が述べられているが、記録時に用いられる記録パワーレベルは、ディスク上のコントロールデータエリアに書かれている。情報記録装置は、このディスクに書かれた記録パワーレベルを読み込んで、記録パワーレベルを設定する。ただし、情報記録装置の個体差と情報記録装置の環境変化及び経年変化により記録パワーレベルの絶対値が変化してしまう場合があるので、実際のディスクへの書き込みの前に、記録パワーレベルの確認や調整をする場合が多くた。すなわち、コントロールデータエリアに与えられたBias Power 1及びBias Power 2を固定してPeak Powerを変化させながらランダムパターンを記録し再生して、再生ジッタを測定する。再生ジッタの値が所定の値となった記録パワーレベルの所定倍の記録パワーレベルを新たなPeak Powerと設定する。次に、Bias Power 1を変化させながらランダムパターンを記録し再生して、再生ジッタを測定する。再生ジッタの値が最小となるバイアスパワーを新たなBias Power 1とする。

【0008】120mm径で片面2.6GBを越すような相変化記録媒体（例えば、120mm径で片面4.7GBを実現しようとするDVD-RAM）においては、記録すべき記録パターンの組み合わせに応じて記録パルスの先頭部分及び終端部分のタイミングを適応的に変化させて、高精度な情報記録を行う場合がある。このようなタイミング情報をディスク上のコントロールデータエリアに記録し、情報記録装置はこのタイミング情報を読み取って実際の記録に用いることが考えられる。

【0009】情報記録装置は常に同じ記録特性を有しているわけではなく、個体差や情報記録装置の経年変化や環境変化により記録特性が変化し、ディスクに書かれているタイミング情報では適切な記録ができなくなる場合が生じることもある。このような場合、ランダムパターンの記録再生時の再生ジッタが予期された値よりも悪化するために、従来技術のようにランダムパターンのジッタに基づいて記録パワーレベルを決めてしまうと、適切でない記録パワーレベルが設定されてしまう可能性があった。そして、このような適切でない記録パワーレベルにより記録が行われることで、記録が不安定になったり、既に書き込まれている情報がクロス・イレーズなどで消去されてしまうなど、記録再生の信頼性が低下する恐れがあった（第2の問題）。

【0010】さらに、前述したように、特に2.6GBよりも高密度になる4.7GBの記録容量のDVD-RAMでは、2.6GBと同じスポット径で記録することにより、2.6GBとの互換性を取り易くすることになっている。しかし、同じスポットで線密度を詰めていくと、レーザー光の記録媒体上での光スポット径に比べて、隣接する2つの記録パルスが記録媒体上に照射される位置の間隔は小さくなる。そのため、光の分布が2.6GBのときに比較してオーバーラップするので、そのために生じる記録マーク形状歪みを防止する必要がある。また、記録マーク間のスペースが短い場合には、読み出し光スポットで分解できないことによる再生信号波形の記録マークエッジ位置のシフトが生じるので、これも防止する必要がある。このために、書くべきマークの長さやマーク間部分（以下、「スペース」と称する。）の長さに応じて記録パルスの照射タイミングを変えることにより、記録マークエッジのシフトを低減させようという試みが行われている。しかしながら、例えば4.7GBの記録容量を持つDVD-RAMのような、相変化媒体を用いた高密度な記録を行うに際して、このような記録パルスの照射タイミングを詳細に決定する手順が必ずしも明らかになっていないという問題があった（第3の問題）。

#### 【0011】

【発明が解決しようとする課題】本発明の第1の目的は、上記第1の問題を解決すべく、上記従来技術と同じスポット径を用い、従来技術との互換性を維持しながら、さらに密度を向上させる正確な記録が可能となる情報記録方法及び情報記録装置を提供することにある。

【0012】特に、本発明の第1の目的は、記録マークを形成する場合のエネルギーレベルが4つある場合に、各エネルギーレベルを簡便に精度良く決定する情報記録方法及びその情報記録方法を用いた情報記録装置を提供することにある。

【0013】本発明の第2の目的は、上記第2の問題を解決すべく、上記のような不適切な記録パワーレベルが設定されてしまうことを防止して、常に安定した記録再生が可能となる情報記録方法及び情報記録装置を提供することにある。

【0014】本発明の第3の目的は、上記第3の問題を解決すべく、上記従来技術と同じスポット径を用い、従来技術との互換性を維持しながら、さらに密度を向上させる正確な記録が可能となる情報記録方法、情報記録媒体及び情報記録装置を提供することにある。特に、本発明の第3の目的は、記録パルスの照射タイミングの正確な測定手法及び適正な照射タイミングの決定方法と、この照射タイミングの測定手法や決定方法を有する情報記録装置と、この照射タイミングの測定手法や決定方法を用いて決定された照射タイミングが固定情報として記録された情報記録媒体とを提供することにある。

【0015】

【課題を解決するための手段】上述した第1の問題を解決するためには、以下の情報記録方法及び情報記録装置を用いればよい。

【0016】(1) エネルギービームの第1のパワーレベルで第1の状態に、前記エネルギー ビームの前記第1のパワーレベルよりも高い第2のパワーレベルで第2の状態にすることが可能な記録媒体を用い、前記エネルギー ビームと前記記録媒体とを相対的に移動させて前記エネルギー ビームを前記記録媒体に照射して前記第1の状態と前記第2の状態とを所定の長さ及び間隔で前記記録媒体上に形成することにより情報を前記記録媒体に記録する情報記録方法であって、前記第1のパワーレベルと等しいか低い第3のパワーレベルを設け、前記記録媒体に前記第2の状態の領域を形成する際に、前記第2の状態の領域を特定の長さに形成する場合は、前記第2のパワーレベルの期間に前記第3のパワーレベルの期間を混在させて前記エネルギー ビームをマルチパルス化して前記エネルギー ビームを前記記録媒体に照射し、前記第1のパワーレベルと等しいか低い第4のパワーレベルを設け、前記マルチパルス化されたエネルギー ビームの最終のパルスに引き続いて、前記第4のパワーレベルで所定の期間前記エネルギー ビームを前記記録媒体に照射し、前記第2のパワーレベルをx倍して新たな第2のパワーレベルとし、前記第1のパワーレベルをy倍して新たな第1のパワーレベルとし、前記第3のパワーレベルをy倍して新たな第3のパワーレベルとし、前記第4のパワーレベルをy倍して新たな第4のパワーレベルとし、倍率x及び倍率yの値を種々に変化させながら前記記録媒体に情報を記録するとともに、前記記録された情報を再生して再生信号を得、前記再生信号の再生ジッタの値が所定の値以下になるように前記倍率x及び前記倍率yの値を調整する、情報記録方法。

【0017】(2) エネルギービームの第1のパワーレベルで第1の状態に、前記エネルギー ビームの前記第1のパワーレベルよりも高い第2のパワーレベルで第2の状態にすることが可能な記録媒体を用い、前記エネルギー ビームと前記記録媒体とを相対的に移動させて前記エネルギー ビームを前記記録媒体に照射して前記第1の状態と前記第2の状態とを所定の長さ及び間隔で前記記録媒体上に形成することにより情報を前記記録媒体に記録する情報記録方法であって、前記第1のパワーレベルと等しいか低い第3のパワーレベルを設け、前記記録媒体に前記第2の状態の領域を形成する際に、前記第2の状態の領域を特定の長さに形成する場合は、前記第2のパワーレベルの期間に前記第3のパワーレベルの期間を混在させて前記エネルギー ビームをマルチパルス化して前記エネルギー ビームを前記記録媒体に照射し、前記第1のパワーレベルと等しいか低い第4のパワーレベルを設け、前記マルチパルス化されたエネルギー ビームの最終のパルスに引き続いて、前記第1のパワーレベルと等しいか低い第4のパワーレベルで前記エネルギー ビームを所定の期間前記記録媒体に照射する機能と、前記第2のパワーレベルをx倍した値を新たな第2のパワーレベルとして設定する機能と、前記第1のパワーレベルをy倍した値を新たな第1のパワーレベルとして設定する機能と、前記第3のパワーレベルをy倍した値を新たな第3のパワーレベルとして設定する機能と、前記第4のパワーレベルをy倍した値を新たな第4のパワーレベルとして設定する機能とを有し、前記情報記録装置が、倍率x及び倍率yの値を種々に変化させながら前記エネルギー ビームを前記記録媒体に照射することで前記第1の状態及び前記第2の状態を前記記録媒体に形成し、前記第1の状態及び前記第2の状態を再生して得た再生信号の揺らぎを測定する時間間隔測定回路と、前記時間間隔測定回路で得られた前記再生信号の揺らぎの値が所定の値以下になるように前記倍率x及び前記倍率yの値を調整するコントローラとをさらに具備する、情報記録装置。

のパルスに引き続いて、前記第4のパワーレベルで所定の期間前記エネルギー ビームを前記記録媒体に照射し、前記第1のパワーレベルをz倍して新たな第1のパワーレベルとし、前記第2のパワーレベルをz倍して新たな第2のパワーレベルとし、前記第3のパワーレベルをz倍して新たな第3のパワーレベルとし、前記第4のパワーレベルをz倍して新たな第4のパワーレベルとし、倍率zの値を種々に変化させながら前記記録媒体に情報を記録するとともに、前記記録された情報を再生して再生信号を得、前記再生信号の再生ジッタの値が所定の値以下になるように前記倍率zの値を調整する、情報記録方法。

【0018】(3) 情報記録装置であって、エネルギー ビームを発生するエネルギー ビーム発生器と、前記エネルギー ビームのパワーレベルを第1のパワーレベル及び前記第1のパワーレベルより高い第2のパワーレベルに設定するパワー調整機構と、前記第1のパワーレベルで第1の状態に、前記第2のパワーレベルで第2の状態にすることが可能な記録媒体を保持する保持機構と、前記エネルギー ビームと前記記録媒体とを相対的に移動させる移動機構と、前記エネルギー ビームを前記記録媒体の所定の場所に照射させる位置決め機構と、記録すべき情報を前記エネルギー ビームのパワーレベルに変化させる信号処理回路とを具備し、前記パワー調整機構が、前記記録媒体に前記第2の状態の領域を形成する際に、前記第2の状態の領域を特定の長さに形成する場合は、前記第1のパワーレベルと等しいか低い第3のパワーレベルの期間を前記第2のパワーレベルの期間に混在させて、前記エネルギー ビームをマルチパルス化する機能と、前記マルチパルス化されたエネルギー ビームの最終のパルスに引き続いて、前記第1のパワーレベルと等しいか低い第4のパワーレベルで前記エネルギー ビームを所定の期間前記記録媒体に照射する機能と、前記第2のパワーレベルをx倍した値を新たな第2のパワーレベルとして設定する機能と、前記第1のパワーレベルをy倍した値を新たな第1のパワーレベルとして設定する機能と、前記第3のパワーレベルをy倍した値を新たな第3のパワーレベルとして設定する機能と、前記第4のパワーレベルをy倍した値を新たな第4のパワーレベルとして設定する機能とを有し、前記情報記録装置が、倍率x及び倍率yの値を種々に変化させながら前記エネルギー ビームを前記記録媒体に照射することで前記第1の状態及び前記第2の状態を前記記録媒体に形成し、前記第1の状態及び前記第2の状態を再生して得た再生信号の揺らぎを測定する時間間隔測定回路と、前記時間間隔測定回路で得られた前記再生信号の揺らぎの値が所定の値以下になるように前記倍率x及び前記倍率yの値を調整するコントローラとをさらに具備する、情報記録装置。

【0019】(4) 情報記録装置であって、エネルギー ビームを発生するエネルギー ビーム発生器と、前記エネ

ルギービームのパワーレベルを第1のパワーレベル及び前記第1のパワーレベルより高い第2のパワーレベルに設定するパワー調整機構と、前記第1のパワーレベルで第1の状態に、前記第2のパワーレベルで第2の状態にすることが可能な記録媒体を保持する保持機構と、前記エネルギービームと前記記録媒体とを相対的に移動させる移動機構と、前記エネルギービームを前記記録媒体の所定の場所に照射する位置決め機構と、記録すべき情報を前記エネルギービームのパワーレベルに変化させる信号処理回路とを具備し、前記パワー調整機構が、前記記録媒体に前記第2の状態の領域を形成する際に、前記第2の状態の領域を特定の長さに形成する場合は、前記第1のパワーレベルと等しいか低い第3のパワーレベル期間を前記第2のパワーレベルの期間に混在させて、前記エネルギービームをマルチパルス化する機能と、前記マルチパルス化されたエネルギービームの最終のパルスに引き続いて、前記第1のパワーレベルと等しいか低い第4のパワーレベルで前記エネルギービームを所定の期間前記記録媒体に照射する機能と、前記第1のパワーレベルを $z$ 倍した値を新たな第1のパワーレベルとして設定する機能と、前記第2のパワーレベルを $z$ 倍した値を新たな第2のパワーレベルとして設定する機能と、前記第3のパワーレベルを $z$ 倍した値を新たな第3のパワーレベルとして設定する機能と、前記第4のパワーレベルを $z$ 倍した値を新たな第4のパワーレベルとして設定する機能とを有し、前記情報記録装置が、倍率 $z$ の値を種々に変化させながら前記エネルギービームを前記記録媒体に照射して前記第1の状態及び前記第2の状態を前記記録媒体に形成し、前記第1の状態及び前記第2の状態を再生して再生信号の揺らぎを測定する時間間隔測定回路と、前記時間間隔測定回路で得られた前記再生信号の揺らぎの値が所定の値以下になるように前記倍率 $z$ の値を調整するコントローラとをさらに具備する、情報記録装置。

【0020】上述した第2の問題を解決するためには、以下の情報記録方法及び情報記録装置を用いればよい。

【0021】(1) エネルギービームの第1のパワーレベルで第1の状態に、前記エネルギービームの前記第1のパワーレベルよりも高い第2のパワーレベルで第2の状態にすることが可能な記録媒体を用い、前記エネルギービームと前記記録媒体とを相対的に移動させて前記エネルギービームを前記記録媒体に照射しつつ、前記エネルギービームのパワーレベルを記録すべき情報を応じて前記第1のパワーレベル及び前記第2のパワーレベルを含む複数のパワーレベルの間で変化させて前記エネルギービームのパルス列を形成して前記第1の状態と前記第2の状態と所定の長さ及び間隔で前記記録媒体上に形成することにより情報を前記記録媒体に記録する、情報記録方法であって、前記第2のパワーレベルを適当な初期値に固定して前記第1のパワーレベルの値を最適化

し、前記第1のパワーレベルを前記最適化された値に固定して前記第2のパワーレベルを最適化する、情報記録方法。

【0022】(2) エネルギービームの第1のパワーレベルで第1の状態に、前記エネルギービームの前記第1のパワーレベルよりも高い第2のパワーレベルで第2の状態にすることが可能な記録媒体を用い、前記エネルギービームと前記記録媒体とを相対的に移動させて前記エネルギービームを前記記録媒体に照射しつつ、前記エネルギービームを記録すべき情報を応じて前記第1のパワーレベル及び前記第2のパワーレベルを含む複数のパワーレベルの間で変化させてエネルギービームのパルス列を形成して前記第1の状態と前記第2の状態と所定の長さ及び間隔で前記記録媒体上に形成することにより情報を前記記録媒体に記録する、情報記録方法であって、前記記録媒体に形成されるべき前記第2の状態の先頭部分に該当する前記エネルギービームのパルスのタイミングを調整する第1のタイミング調整方法と、前記記録媒体に形成されるべき前記第2の状態の終端部分に該当する前記エネルギービームのパルスのタイミングを調整する第2のタイミング調整方法との少なくとも一方を有し、上記(1)記載の情報記録方法によりパワーレベルを最適化したのちに前記第1のタイミング調整方法及び前記第2のタイミング調整方法に従って前記タイミングを調整する第1の調整手順と、前記第1のタイミング調整方法及び前記第2のタイミング調整方法に従って前記タイミングを調整したのちに上記(1)記載の情報記録方法によりパワーレベルを最適化する第2の調整手順との少なくとも一方を有する、情報記録方法。

【0023】(3) 情報記録装置であって、エネルギービームを発生するエネルギー発生器と、前記エネルギービームのパワーレベルを第1のパワーレベル及び前記第1のパワーレベルより高い第2のパワーレベルに設定可能なパワー調整機構と、前記第1のパワーレベルで第1の状態に、前記第2のパワーレベルで第2の状態にすることが可能な記録媒体を保持する保持機構と、前記エネルギービームと前記記録媒体とを相対的に移動させる移動機構と、前記エネルギービームを前記記録媒体の所定の場所に照射する位置決め機構と、記録すべき情報を前記エネルギービームのパワーレベルに変化させる信号処理回路と、記録時のパワーレベルの設定において、前記第2のパワーレベルを適当な初期値に固定して前記第1のパワーレベルを最適化したのち、前記第1のパワーレベルを前記最適化された値に固定して前記第2のパワーレベルを最適化する手段と、を具備する、情報記録装置。

【0024】(4) 情報記録装置であって、エネルギービームを発生するエネルギー発生器と、前記エネルギービームのパワーレベルを第1のパワーレベル及び前記第1のパワーレベルより高い第2のパワーレベルに

設定可能なパワー調整機構と、前記第1のパワーレベルで第1の状態に、前記第2のパワーレベルで第2の状態にすることが可能な記録媒体を保持する保持機構と、前記エネルギービームと前記記録媒体とを相対的に移動させる移動機構と、前記エネルギービームを前記記録媒体の所定の場所に照射する位置決め機構と、記録すべき情報を前記エネルギービームのパワーレベルに変化させる信号処理回路と、前記記録媒体に形成されるべき前記第2の状態の先頭部分に該当する前記エネルギービームのパルスのタイミングを調整する第1のタイミング調整手段と、前記記録媒体に形成されるべき前記第2の状態の終端部分に該当する前記エネルギービームのパルスのタイミングを調整する第2のタイミング調整手段との少なくとも一方と、上記(3)記載の最適化手段によりパワーレベルを最適化したのちに前記第1のタイミング調整手段及び前記第2のタイミング調整手段におけるタイミング調整をする第3のタイミング調整手段と、前記第1のタイミング調整手段及び前記第2のタイミング調整手段におけるタイミング調整したのちに上記(3)記載の最適化手段によりパワーレベルを最適化する第4のタイミング調整手段との少なくとも一方と、を具備する、情報記録装置。

【0025】上述した第3の問題を解決するためには、以下の情報記録方法、情報記録媒体及び情報記録装置を用いればよい。

【0026】(1) エネルギービームの第1のパワーレベルで第1の状態に、前記エネルギービームの前記第1のパワーレベルよりも高い第2のパワーレベルで第2の状態にすることが可能な記録媒体を用い、前記エネルギービームと前記記録媒体とを相対的に移動させて前記エネルギービームを前記記録媒体に照射して前記第1の状態と前記第2の状態とを所定の長さ及び間隔で前記記録媒体上に形成することにより情報を前記記録媒体に記録する情報記録方法であって、記録時の記録タイミング発生クロックの周期をTとし、前記エネルギービームと前記記録媒体との相対速度をvとした場合に、長さ  $a \cdot v \cdot T$  の前記第2の状態(第1のマーク)、前記第1のマークに引き続く長さ  $i \cdot v \cdot T$  の前記第1の状態(第1のスペース)、前記第1のスペースに引き続く長さ  $m \cdot v \cdot T$  の前記第2の状態(第2のマーク)、前記第2のマークに引き続く長さ  $j \cdot v \cdot T$  の前記第1の状態(第2のスペース)及び前記第2のスペースに引き続く長さ  $b \cdot v \cdot T$  の前記第2の状態(第3のマーク)の連続を第1の小記録パターンとし、前記第1の状態から始まり第1の状態で終了する、第1の状態及び第2の状態が有限回だけ交互に現れる状態を第2の小記録パターンとし、前記第1の小記録パターンに引き続いて前記第2の小記録パターンが現れる状態を基本記録パターンとし、前記基本記録パターンが繰り返し現れる状態を記録パターンとし、パラメータ  $a$ 、パラメータ  $i$  及びパラメータ  $m$  を固定しながらパラメータ  $j$  を種々に変化させた基本記録パターンからなる

前記記録パターンを第1の記録パターンとし、ここで、前記パラメータ  $a$ 、 $i$ 、 $m$ 、 $j$  は自然数であり、パラメータ  $b$ 、前記パラメータ  $j$  及び前記パラメータ  $m$  を固定しながら前記パラメータ  $i$  を種々に変化させた基本記録パターンからなる前記記録パターンを第2の記録パターンとし、ここで、前記パラメータ  $b$  は自然数であり、第1のエッジ位置測定方法と第2のエッジ位置測定方法との少なくとも一方を用い、前記第1のエッジ位置測定方法が、前記第1の記録パターンの読出し信号における前記第1のマークの前記第1のスペースと反対側のマークエッジ位置に相当する時刻から前記読出し信号における前記第2のマークと前記第1のスペースとの境界位置に相当する時刻までの時間間隔を  $(a + i) \cdot T$  の時間間隔と比較することによって、前記第2のマークと前記第1のスペースとの境界の位置を推定し、前記第2のエッジ位置測定方法が、前記第2の記録パターンの読出し信号における前記第2のマークと前記第2のスペースとの境界位置に相当する時刻から前記読出し信号における前記第3のマークの前記第2のスペースと反対側のマークエッジ位置に相当する時刻までの時間間隔を  $(b + j) \cdot T$  の時間間隔と比較することにより、前記第2のマークと前記第2のスペースとの境界の位置を推定する、情報記録方法。

【0027】(2) エネルギービームの第1のパワーレベルで第1の状態に、前記エネルギービームの前記第1のパワーレベルよりも高い第2のパワーレベルで第2の状態にすることが可能な記録媒体を用い、前記エネルギービームと前記記録媒体とを相対的に移動させて前記エネルギービームを前記記録媒体に照射して前記第1の状態と前記第2の状態とを所定の長さ及び間隔で前記記録媒体上に形成することにより情報を前記記録媒体に記録する情報記録方法であって、記録時の記録タイミング発生クロックの周期をTとし、前記エネルギービームと前記記録媒体との相対速度をvとした場合、長さ  $a \cdot v \cdot T$  の前記第2の状態(第1のマーク)、前記第1のマークに引き続く長さ  $i \cdot v \cdot T$  の前記第1の状態(第1のスペース)、前記第1のスペースに引き続く長さ  $m \cdot v \cdot T$  の前記第2の状態(第2のマーク)、前記第2のマークに引き続く長さ  $j \cdot v \cdot T$  の前記第1の状態(第2のスペース)及び前記第2のスペースに引き続く長さ  $b \cdot v \cdot T$  の前記第2の状態(第3のマーク)の連続を第1の小記録パターンとし、前記第1の状態から始まり第1の状態で終了する、第1の状態と第2の状態が有限回だけ交互に現れる状態を第2の小記録パターンとし、前記第1の小記録パターンに引き続いて前記第2の小記録パターンが現れる状態を基本記録パターンとし、前記基本記録パターンが繰り返し現れる状態を記録パターンとし、パラメータ  $a$ 、パラメータ  $i$  及びパラメータ  $m$  を固定しながらパラメータ  $j$  を種々に変化させた基本記録パターンからなる

前記録パターンを第1の記録パターンとし、ここで、前記パラメータa, i, m, jは自然数であり、パラメータb, 前記パラメータj及び前記パラメータmを固定しながら前記パラメータiを種々に変化させた基本記録パターンからなる前記録パターンを第2の記録パターンとし、ここで、前記パラメータbは自然数であり、第1のエッジ位置測定方法と前記第2のエッジ位置測定方法との少なくとも一方を有し、第1のタイミング調整方法と第2のタイミング調整方法との少なくとも一方を有し、前記第1のエッジ位置測定方法が、前記第1の記録パターンの読み出し信号における前記第1のマークの前記第1のスペースと反対側のマークエッジ位置に相当する時刻から前記読み出し信号における前記第2のマークと前記第1のスペースとの境界位置に相当する時刻までの時間間隔を $(a+i)T$ の時間間隔と比較することにより、前記第2のマークと前記第1のスペースとの境界の位置を推定し、前記第2のエッジ位置測定方法が、前記第2の記録パターンの読み出し信号における前記第2のマークと前記第2のスペースとの境界位置に相当する時刻から前記読み出し信号における前記第3のマークの前記第2のスペースと反対側のマークエッジ位置に相当する時刻までの時間間隔を $(b+j)T$ の時間間隔と比較することによって、前記第2のマークと前記第2のスペースとの境界の位置を推定し、前記第1のタイミング調整方法が、前記記録媒体上に形成すべき前記第1の状態の長さと前記第2の状態の長さとの組み合わせに応じて前記エネルギーービームを前記第2のパワーレベルに到達させるタイミングを変化させ、前記第2のタイミング調整方法が、前記記録媒体上に形成すべき前記第2の状態の長さと前記第1の状態の長さとの組み合わせに応じて前記エネルギーービームを前記第2のパワーレベルから別工エネルギーービレベルに推移させるタイミングを変化させる、情報記録方法。

【0028】(3) エネルギービームの第1のパワーレベルで第1の状態に、前記エネルギー ビームの前記第1のパワーレベルよりも高い第2のパワーレベルで第2の状態にすることが可能な記録媒体を用い、前記エネルギー ビームと前記記録媒体とを相対的に移動させて前記エネルギー ビームを前記記録媒体に照射して前記第1の状態と前記第2の状態とを所定の長さ及び間隔で前記記録媒体上に形成することにより情報を前記記録媒体に記録する、情報記録方法であって、記録時の記録タイミング発生クロックの周期をTとし、前記エネルギー ビームと前記記録媒体との相対速度をvとした場合、長さa v Tの前記第2の状態(第1のマーク)、前記第1のマークに引き続く長さ i v Tの前記第1の状態(第1のスペース)、前記第1のスペースに引き続く長さm v Tの前記第2の状態(第2のマーク)、前記第2のマークに引き続く長さ j v Tの前記第1の状態(第2のスペース)及び前記第2のスペースに引き続く長さ b v Tの前記第2

の状態（第3のマーク）の連続を第1の小記録パターンとし、前記第1の状態から始まり第1の状態で終了する、第1の状態及び第2の状態が有限回だけ交互に現れる状態を第2の小記録パターンとし、前記第1の小記録パターンに引き続いて前記第2の小記録パターンが現れる状態を基本記録パターンとし、前記基本記録パターンが繰り返し現れる状態を記録パターンとし、パラメータ  $a$ 、パラメータ  $i$  及びパラメータ  $m$  を固定しながらパラメータ  $j$  を種々に変化させた基本記録パターンからなる前記記録パターンを第1の記録パターンとし、ここで、前記パラメータ  $a$ 、 $i$ 、 $m$ 、 $j$  は自然数であり、パラメータ  $b$ 、前記パラメータ  $j$  及び前記パラメータ  $m$  を固定しながら前記パラメータ  $i$  を種々に変化させた基本記録パターンからなる前記記録パターンを第2の記録パターンとし、ここで、前記パラメータ  $b$  は自然数であり、第1のエッジ位置測定方法と第2のエッジ位置測定方法との少なくとも一方を用い、第1のタイミング調整方法と第2のタイミング調整方法との少なくとも一方を有し、第1のタイミング補正方法と第2のタイミング補正方法との少なくとも一方を有し、前記第1のエッジ位置測定方法が、前記第1の記録パターンの読み出し信号における前記第1のマークの前記第1のスペースと反対側のマークエッジ位置に相当する時刻から前記読み出し信号における前記第2のマーク及び前記第1のスペースとの境界位置に相当する時刻までの時間間隔を  $(a + i) T$  の時間間隔と比較することで、前記第2のマークと前記第1のスペースとの境界の位置を推定し、前記第2のエッジ位置測定方法が、前記第2の記録パターンの読み出し信号における前記第2のマークと前記第2のスペースとの境界位置に相当する時刻から前記読み出し信号における前記第3のマークの前記第2のスペースと反対側のマークエッジ位置に相当する時刻までの時間間隔を  $(b + j) T$  の時間間隔と比較することで、前記第2のマークと前記第2のスペースとの境界の位置を推定し、前記第1のタイミング調整方法が、前記記録媒体上に形成すべき前記第1の状態の長さと前記第2の状態の長さとの組み合わせに応じて前記エネルギーービームを前記第2のパワーレベルに到達させるタイミングを変化させ、前記第2のタイミング調整方法が、前記記録媒体上に形成すべき前記第2の状態の長さと前記第1の状態の長さとの組み合わせに応じて前記エネルギーービームを前記第2のパワーレベルから別エネルギーーレベルに推移させるタイミングを変化させ、前記第1のタイミング補正方法が、前記第1のエッジ位置測定方法の結果に基づいて前記第1のタイミング調整方法におけるタイミングを調整し、前記第2のタイミング補正方法が、前記第2のエッジ位置測定方法の結果に基づいて前記第2のタイミング調整方法におけるタイミングを調整する、情報記録方法。

【0029】(4) エネルギービームの第1のパワーレベルで第1の状態に、前記エネルギー ビームの前記第1

のパワーレベルよりも高い第2のパワーレベルで第2の状態にすることが可能な記録媒体を用い、前記エネルギーービームと前記記録媒体とを相対的に移動させて前記エネルギーービームを前記記録媒体に照射して前記第1の状態と前記第2の状態とを所定の長さ及び間隔で前記記録媒体上に形成することにより情報を前記記録媒体に記録する情報記録方法であって、記録時の記録タイミング発生クロックの周期をTとし、前記エネルギーービームと前記記録媒体との相対速度をvとした場合、長さa v Tの前記第2の状態(第1のマーク)、前記第1のマークに引き続く長さi v Tの前記第1の状態(第1のスペース)、前記第1のスペースに引き続く長さm v Tの前記第2の状態(第2のマーク)、前記第2のマークに引き続く長さj v Tの前記第1の状態(第2のスペース)及び前記第2のスペースに引き続く長さb v Tの前記第2の状態(第3のマーク)の連続を第1の小記録パターンとし、前記第1の状態から始まり前記第1の状態で終了する、前記第1の状態及び前記第2の状態が有限回だけ交互に現れる状態を第2の小記録パターンとし、前記第1の小記録パターンに引き続いて前記第2の小記録パターンが現れる状態を基本記録パターンとし、前記基本記録パターンが繰り返し現れる状態を記録パターンとし、パラメータa、パラメータi及びパラメータmを固定しながらパラメータjを種々に変化させた前記基本記録パターンからなる前記記録パターンとし、ここで、前記パラメータa、i、m、jは自然数であり、パラメータb、前記パラメータj及び前記パラメータmを固定しながら前記パラメータiを種々に変化させた前記基本記録パターンからなる前記記録パターンを第2の記録パターンとし、ここで、前記パラメータbは自然数であり、第1のエッジ位置測定方法と第2のエッジ位置測定方法との少なくとも一方を用い、第1のタイミング調整方法と第2のタイミング調整方法との少なくとも一方を有し、第1のタイミング補正方法と第2のタイミング補正方法との少なくとも一方を有し、前記第1のエッジ位置測定方法が、前記第1の記録パターンの読み出し信号における前記第1のマークの前記第1のスペースと反対側のマークエッジ位置に相当する時刻から前記読み出し信号における前記第2のマークと前記第1のスペースとの境界位置に相当する時刻までの時間間隔を(a+i)Tの時間間隔と比較することによって、前記第2のマークと前記第1のスペースとの境界の位置を推定し、前記第2のエッジ位置測定方法が、前記第2の記録パターンの読み出し信号における前記第2のマークと前記第2のスペースとの境界位置に相当する時刻から前記読み出し信号における前記第3のマークの前記第2のスペースと反対側のマークエッジ位置に相当する時刻までの時間間隔を(b+j)Tの時間間隔と比較することによって、前記第2のマークと前記第2のスペースとの境界の位置を推定し、前記第1のタイミング調整方法が、前

記録媒体上に形成すべき前記第1の状態の長さと前記第2の状態の長さとの組み合わせに応じて前記エネルギーービームを前記第2のパワーレベルに到達させるタイミングを変化させ、前記第2のタイミング調整方法が、前記記録媒体上に形成すべき前記第2の状態の長さと前記第1の状態の長さとの組み合わせに応じて前記エネルギーービームを前記第2のパワーレベルから別エネルギーーレベルに推移させるタイミングを変化させ、前記第1のタイミング補正方法が、前記第1の記録パターンの読み出し信号における前記第1のマークの前記第1のスペースと反対側のマークエッジ位置に相当する時刻から前記読み出し信号における前記第2のマークと前記第1のスペースとの境界位置に相当する時刻までの時間間隔が(a+i)Tの時間間隔よりも長いという結論が前記第1のエッジ位置測定方法から得られた場合は、前記第1のタイミング調整方法を用いて長さi Tの前記第1の状態に引き続いて長さm Tの前記第2の状態を形成する場合に限り、長さm Tの前記第2の状態を形成する際の前記第2のパワーレベルに到達させるタイミングを早め、かつ、前記第1の記録パターンの読み出し信号における前記第1のマークの前記第1のスペースと反対側のマークエッジ位置に相当する時刻から前記読み出し信号における前記第2のマークと前記第1のスペースとの境界位置に相当する時刻までの時間間隔が(a+i)Tの時間間隔よりも短いという結論が前記第1のエッジ位置測定方法から得られた場合は、前記第1のタイミング調整方法を用いて長さi Tの前記第1の状態に引き続いて長さm Tの前記第2の状態を形成する場合に限り、長さm Tの前記第2の状態を形成する際の前記第2のパワーレベルに到達させるタイミングを遅くし、前記第2のタイミング補正方法が、前記第2の記録パターンの読み出し信号における前記第2のマークと前記第2のスペースとの境界位置に相当する時刻から前記読み出し信号における前記第3のマークの前記第2のスペースと反対側のマークエッジ位置に相当する時刻までの時間間隔が(b+j)Tの時間間隔よりも長いという結論が前記第2のエッジ位置測定方法から得られた場合は、前記第2のタイミング調整方法を用いて長さm Tの前記第2の状態に引き続いて長さj Tの前記第1の状態を形成する場合に限り、長さm Tの前記第2の状態を形成する際の前記第2のパワーレベルから別エネルギーーレベルに推移させるタイミングを遅らせ、かつ、前記第2の記録パターンの読み出し信号における前記第2のマークと前記第2のスペースとの境界位置に相当する時刻から前記読み出し信号における前記第3のマークの前記第2のスペースと反対側のマークエッジ位置に相当する時刻までの時間間隔が(b+j)Tの時間間隔よりも短いという結論が前記第2のエッジ位置測定方法から得られた場合は、前記第2のタイミング調整方法を用いて長さm Tの前記第2の状態に引き続いて長さj Tの前記第1の状態を形成する場合に限り、長さm Tの前

記第2の状態を形成する際の前記第2のパワーレベルから別エネルギーレベルに推移させるタイミングを早める、情報記録方法。

【0030】(5) エネルギービームの第1のパワーレベルで第1の状態に、前記エネルギー beams の前記第1のパワーレベルよりも高い第2のパワーレベルで第2の状態にすることが可能な情報記録媒体であって、上記(3)記載の情報記録方法を用いて決定した前記第2のパワーレベルに到達させるタイミングの情報及び前記第2のパワーレベルから別エネルギーレベルに推移させるタイミングの情報の少なくとも一方が、書き換え不可能な情報として記録されている、情報記録媒体。

【0031】(6) エネルギービームの第1のパワーレベルで第1の状態に、前記エネルギー beams の前記第1のパワーレベルよりも高い第2のパワーレベルで第2の状態にすることが可能な情報記録媒体であって、上記(4)記載の情報記録方法を用いて決定した前記第2のパワーレベルに到達させるタイミングの情報及び前記第2のパワーレベルから別エネルギーレベルに推移させるタイミングの情報の少なくとも一方が、書き換え不可能な情報として記録されている、情報記録媒体。

【0032】(7) 情報記録装置であって、エネルギー beams を発生するエネルギー beams 発生器と、前記エネルギー beams のパワーレベルを第1のパワーレベル及び前記第1のパワーレベルより高い第2のパワーレベルに設定可能なパワー調整機構と、前記第1のパワーレベルで第1の状態に、前記第2のパワーレベルで第2の状態にすることが可能な記録媒体を保持する保持機構と、前記エネルギー beams と前記記録媒体とを相対的に移動させる移動機構と、前記エネルギー beams を前記記録媒体の所定の場所に照射する位置決め機構と、記録すべき情報を前記エネルギー beams のパワーレベルに変化させる信号処理回路とを具備し、上記(5)又は(6)記載の情報記録媒体を用い、前記記録媒体に記録された前記書き換え不可能な情報を読み出して、前記第2のパワーレベルに到達させるタイミングの情報及び前記第2のパワーレベルから別エネルギーレベルに推移させるタイミングの情報の少なくとも一方を解読する手段と、前記記録媒体に前記第2の状態を形成する際に、前記解読されたタイミングの情報に応じてエネルギーパルスを変調する手段とをさらに具備する、情報記録装置。

【0033】(8) 情報記録装置であって、エネルギー beams を発生するエネルギー beams 発生器と、前記エネルギー beams のパワーレベルを第1のパワーレベル及び前記第1のパワーレベルより高い第2のパワーレベルに設定可能なパワー調整機構と、前記第1のパワーレベルで第1の状態に、前記第2のパワーレベルで第2の状態にすることが可能な記録媒体を保持する保持機構と、前記エネルギー beams と前記記録媒体とを相対的に移動させる移動機構と、前記エネルギー beams を前記記録媒体

の所定の場所に照射する位置決め機構と、記録すべき情報を前記エネルギー beams のパワーレベルに変化させる信号処理回路と、上記(3)記載の前記第1のタイミング補正方法及び前記第2のタイミング補正方法の少なくとも一方、又は、上記(4)記載の前記第1のタイミング補正方法及び前記第2のタイミング補正方法の少なくとも一方を実行する手段と、を具備する、情報記録装置。

【0034】このような構成により、記録時のパワーの調整に用いる独立変数の数をパワーレベルの数以下にすることができ、独立変数の最適組み合わせを発見する手順を簡素化でき、最適組み合わせ発見の信頼性も向上する。また、常に安定して信頼性よく情報を記録媒体に記録できる。

#### 【0035】

【発明の実施の形態】本発明を以下の実施態様によって詳細に説明する。

【0036】(第1の実施態様)まず、図1を参照して、情報を記録媒体に記録する際に記録媒体に照射するエネルギー beams のパワーレベルの経時的变化の例を示す。ここでは、情報を記録する際のパワーレベルの経時的变化のさせ方を「ライトストラテジ」又は「記録ストラテジ」と称することとし、また、DVD-RAMを例として説明する。

【0037】DVD-RAMの場合、記録及び再生における基準クロックの時間幅をTとしたとき、最短のマーク及び最短のスペースの長さは3T(時間Tの3倍の長さの時間)であり、また、最長のマーク及び最長のスペースの長さは、通常、11Tである。特殊パターンとして、長さ14Tのマーク及びスペースがある。

【0038】記録媒体上に時系列的に記録すべき情報であるNRZI信号が与えられた場合、適当な信号処理回路によりNRZI信号はエネルギー beams のパワーレベルの時系列的变化に变换される。このようなパワーレベルの時系列的变化が図1に光パルス波形として示されている。

【0039】パワーレベルは、Peak Power, Bias Power 1, Bias Power 2及びBias Power 3の4つのパワーレベルに設定されている。Bias Power 1(第1のパワーレベル)では記録媒体を第1の状態に移行させることができ、また、Peak Power(第2のパワーレベル)では記録媒体を第2の状態に移行させることができる。Bias Power 3(第3のパワーレベル)は、Bias Power 1と等しいか低いパワーレベルである。記録媒体に第2の状態の領域を形成する際に、第2の状態の領域の長さが4T以上の場合には(すなわち、NRZI信号の長さが4T以上の場合には)、Peak Powerの照射期間中にBias Power 3のパワーレベルの期間を混在させて、エネルギー beams をマルチパルス化する。マルチパルス化されたエネルギー beams のうち、最初の光パルスを「先頭パルス」、

最後の光パルスを「最終パルス」と称する。先頭パルスと最終パルスとの間には、NRZ I信号の長さに応じてPeakPowerとBias Power 3とを反復する光パルスが繰り返される。その繰り返し数は、NRZ I信号の長さをnT ( $n > 3$ ) とすると、(n-4)回である。先頭パルスと最終パルスとに挟まれた繰り返しパルスを「樹型パルス」と称する。すなわち、5T以上の長さのNRZ I信号に対応した第2の状態の領域を形成する場合には、記録パルスは先頭パルスと樹型パルスと最終パルスとからなる。また、4Tの長さのNRZ I信号に対応した第2の状態の領域を形成する場合には、記録パルスは先頭パルスと最終パルスとからなる。また、3Tの長さのNRZ I信号に対応した第2の状態の領域を形成する場合には、記録パルスは単一の光パルスとなる。

【0040】Bias Power 1と等しいか低くパワーレベルを設定されたBias Power 2(第4のパワーレベル)は次のように用いられる。長さ4T以上のNRZ I信号では、最終パルスに引き続くパワーレベルは所定の時間Bias Power 2に保持される。また、長さ3TのNRZ I信号では、単一の光パルスに引き続くパワーレベルは所定の時間Bias Power 2に保持される。

【0041】Bias Power 1はBias Power 2又はBias Power 3と同じパワーレベルである可能性がある。また、Bias Power 1とBias Power 2とBias Power 3とはすべて同じパワーレベルである可能性がある。Peak Power, Bias Power 1, Bias Power 2及びBias Power 3の基準値は、媒体情報として、記録媒体の適当な場所に予め記録されている場合がある。このように、記録ストラテジに関する媒体情報を記録する記録媒体上の部分を「コントロールデータゾーンの情報トラック」と称する。パワーレベルの基準値を記録媒体のコントロールデータゾーンの情報トラックから読み取り、これを参考に書き込み時の各パワーレベルを決定する。

【0042】まず、長さ4T以上のNRZ I信号に対応した第2の状態の領域を記録媒体に形成する場合の記録波形の定義について説明する。書き込みパルス列の先頭パルスの立上りは、NRZ I信号の立上りから $T_{SFP}$ だけ経過した時刻で定義される。書き込みパルス列の先頭パルスの立下りは、NRZ I信号の立上りから $T_{EFP}$ だけ経過した時刻で定義される。先頭パルスの長さは $T_{FP}$ であり、 $T_{FP}$ の値は $T_{EFP}$ から $T_{SFP}$ を減じた値に等しい。書き込みパルス列の最終パルスの立上りはNRZ I信号の立下りから時間2Tだけ先行した時間を基準として定義され、最終パルスはこの基準時間から時間 $T_{SLP}$ だけ経過した時に立上がる。書き込みパルス列の最終パルスの立下りもまたNRZ I信号の立下りから時間2Tだけ先行した時間を基準に定義され、最終パルスはこの基準時間から時間 $T_{ELP}$ だけ経過した時に立下る。最終パルスの長さは $T_{LP}$ であり、 $T_{LP}$ の値は $T_{ELP}$ から $T_{SLP}$ を減じた値に等しい。

【0043】先頭パルスと最終パルスとの間に樹型パルス列が存在する場合がある。樹型パルス列の各樹型パルスの立上りは基準クロック位置に一致しており、また、各樹型パルスは各樹型パルスの立上りから時間 $T_{MP}$ だけ経過した時に立下る。

【0044】次に、長さ3TのNRZ I信号に対応した第2の状態の領域を記録媒体に形成する場合について説明する。光パルスの立上りは、NRZ I信号の立上りから $T_{SFP}$ だけ経過した時に存在する。また、光パルスの立下りはNRZ I信号の立下りから時間2Tだけ先行した時間を基準に定義され、光パルスの立下りはこの基準時間から時間 $T_{ELP}$ だけ経過した時にある。

【0045】4T以降の最終パルス又は3Tの記録パルスに引き続き、パワーレベルがBias Power 2である部分が存在し、その長さは $T_{LC}$ となっている。記録パルスを定義する時間である $T_{SFP}$ ,  $T_{EFP}$ ,  $T_{FP}$ ,  $T_{SLP}$ ,  $T_{ELP}$ ,  $T_{LP}$ ,  $T_{LC}$ 及び $T_{MP}$ の値は、これらの基準値を記録媒体のコントロールデータゾーンの情報トラックから読み取り、読み取られた基準値に基づいて決定される。

【0046】記録パルスを定義する時間である $T_{SFP}$ ,  $T_{EFP}$ ,  $T_{FP}$ ,  $T_{SLP}$ ,  $T_{ELP}$ ,  $T_{LP}$ ,  $T_{LC}$ 及び $T_{MP}$ は、必ずしも一定の値を取るとは限らず、NRZ I信号の組み合わせに応じて変化させる必要がある場合がある。特に、片面4.7GBのDVD-RAMの場合を例に取ると、最短マークの長さ3Tは0.42ミクロン程度となり、書き込みスポット半径0.45ミクロンより短くなる。このような高密度記録を行った場合、隣接するマーク間の熱的な干渉が大きくなって、常に安定した記録をすることが困難になる場合がある。そこで、NRZ I信号の前後の組み合わせに応じて記録波形を適応的に変化させることが考えられる。

【0047】前エッジのシフトを補正する方法として、次の2つの方法がある。

【0048】(1)  $T_{EFP}$ を固定して、 $T_{SFP}$ を変化させる。この際、 $T_{FP}$ は $T_{SFP}$ の変化に伴い変化する。

【0049】(2)  $T_{FP}$ を固定して、 $T_{SFP}$ を変化させる。この際、 $T_{EFP}$ は $T_{SFP}$ の変化に伴い変化する。

【0050】また、後ろエッジのシフトを補正する方法として、次の2つの方法がある。

【0051】(1)  $T_{SLP}$ を固定して、 $T_{ELP}$ を変化させる。この際、 $T_{LP}$ は $T_{ELP}$ の変化に伴い変化する。

【0052】(2)  $T_{LP}$ を固定して、 $T_{ELP}$ を変化させる。この際、 $T_{SLP}$ は $T_{ELP}$ の変化に伴い変化する。

【0053】前エッジ及び後ろエッジのシフト制御のために上記方法のどちらを選ぶかは、記録媒体の設計の仕方及び記録媒体の記録特性に依存する。前エッジ及び後ろエッジのシフト制御方法としてどちらを選定すればよいのかは記録媒体の製造者が最もよく分かっているため、記録媒体の製造者はエッジのシフト制御方法としてどちらに選定すべきかを情報記録装置に対して推奨すること

とができる。すなわち、記録媒体の製造者は記録媒体の特定の場所にエッジのシフト制御方法の推奨情報書き込み、情報記録装置がこの推奨情報を読み取ってエッジのシフト制御方法を決定する。このようにした場合、記録媒体の製造者が意図した媒体特性を余すことなく情報記録装置が利用することができ、最も安定して情報の記録を行えることとなる。また、記録媒体の製造者は、エッジのシフト制御用のルックアップテーブルを用意し、これを記録媒体に記録する。情報記録装置は、このルックアップテーブルを読み取って、これに基づいてエッジのシフト制御を行う。これにより、記録媒体の製造者が意図した媒体特性を余すことなく情報記録装置が利用することができ、最も安定して情報の記録を行えることとなる。以上のような工夫により、高密度記録でありながら記録の互換性を最も取れる手段を提供することができる。

【0054】前エッジに関するルックアップテーブルは、現在記録しようとしているマークの長さをM(n)とし、このマークに先行するスペースの長さをS(n-1)とした場合、M(n)とS(n-1)との組み合わせで決まる値を並べたものである。なお、この値は正の値も負の値も取り得る。

【0055】後ろエッジに関するルックアップテーブルは、現在記録しようとしているマーク長さをM(n)とし、このマークに続くスペースの長さをS(n+1)とした場合、M(n)とS(n+1)との組み合わせで決まる値を並べたものである。なお、この値は正の値も負の値も取り得る。

【0056】以上のようにT<sub>SFP</sub>及びT<sub>SLP</sub>をNRZI信号の前後の組み合わせに応じて変化させることにより、マークエッジ位置を常に精度良く制御できる。

【0057】記録時に4つのパワーレベルを有するライトストラテジを用いることにより安定してマークを形成できるが、これは各パワーレベルが適切に設定された場合である。4つのパワーレベルを4つの独立な変数として、これら4つの独立変数の最適組み合わせを発見することは、実行可能なことではあるが、手順が複雑であり、かつ、最適組み合わせに至る工程数が膨大になる可能性がある。そこで、4つのパワーレベルをグループ化して各グループに独立な変数を割り当てるにより、結果的に独立変数を減らすことができ、独立変数の最適組み合わせを発見する手順を簡素化することが考えられる。

【0058】DVD-RAMのような相変化記録媒体を考えた場合、その記録のメカニズムを研究解明して行く過程でBias Power 1, Bias Power 2及びBias Power 3のレベルには関連性がかなり高いということが分かってきた。そこで、第1のグループにPeak Powerを割り当て、第2のグループにBias Power 1, Bias Power 2及びBias Power 3を割り当てる。第1のグループに割り当てる

独立変数を「倍率x(以下、単に「x」と称する。)」と称することとし、第2のグループに割り当てる独立変数を「倍率y(以下、単に「y」と称する。)」と称することとする。

【0059】記録時のPeak Powerの値をPeak Powerの初期値のx倍とし、記録時のBias Power 1, Bias Power 2及びBias Power 3の値をBias Power 1, Bias Power 2及びBias Power 3の初期値のy倍とそれぞれし、x及びyを種々に変更しながら情報を記録し、かつ、記録された情報を再生する。再生信号の揺らぎ(再生ジッタ)を測定し、測定された再生ジッタの値が所定の値以下になるようx及びyの値を調整する。このようにすることにより、独立変数の数を4つから2つに減じることができ、独立変数の最適組み合わせを発見する手順を簡素化することができる。また、手順が簡素化されるため、最適組み合わせ発見の信頼性を向上することができる。

【0060】別のグループ分けも考えられる。特に手順を簡素化できるのは、4つのパワーレベルを一つのグループにしてしまうことである。すなわち、記録時のPeak Powerの値をPeak Powerの初期値のz倍とし、記録時のBias Power 1, Bias Power 2及びBias Power 3の値をBias Power 1, Bias Power 2及びBias Power 3の初期値のz倍とそれぞれし、倍率z(以下、単に「z」と称する。)を種々に変更しながら情報を記録し、かつ、記録された情報を再生する。再生信号の揺らぎ(再生ジッタ)を測定し、測定された再生ジッタの値が所定の値以下になるよう、zの値を調整する。このようにすることにより、独立変数の数を4つから1つに減じることができ、独立変数の最適組み合わせを発見する手順をさらに簡素化することできる。また、手順がさらに簡素化されるため、最適組み合わせ発見の信頼性もさらに向上することができる。

【0061】Peak Power, Bias Power 1, Bias Power 2及びBias Power 3の初期値は、記録媒体のコントロールデータゾーンの情報トラックからそれぞれの推奨値を読み取り、読み取った推奨値に基づいて決定することが考えられる。このようにした場合には、各グループ内でのパワーバランスを記録媒体メーカー推奨値から崩さずにパワーレベルを最適化するために、より互換性の取れた情報記録用の最適パワーレベル決定が可能になるという効果が得られる。

【0062】第1のグループにPeak Powerを割り当てるとともに第2のグループにBias Power 1, Bias Power 2及びBias Power 3を割り当ててx及びyの適正值を求める方法では、x及びyの値をランダムに変化させながら各xの値及び各yの値における再生ジッタの値を求めて、x及びyの適正值を求める方法がある。しかし、x及びyを系統的に変化させながらx及びyの適正值を求めた方が、より確実に適正值が求まる場合がある。

【0063】もっとも単純には、x及びyの値を最大値

と最小値との間で適当なステップ間隔でそれぞれ量子化し、 $x$ 及び $y$ の値のすべての組み合わせについて再生ジッタの値を求めて、求めた再生ジッタの値が所定の値以下となる $x$ 及び $y$ の値の組み合わせを求める方法がある。この方法は、再生ジッタの測定の回数が多くやや手間がかかるが、確実に $x$ 及び $y$ の適正值を求めることができるという効果がある。

【0064】 $x$ 及び $y$ の適正值を求める別の方法として、下記の第1の手順、第2の手順及び第3の手順を順次行う方法がある。

#### 【0065】(1) 第1の手順

$y$ の値を1とする。 $x$ の下限値 $x_s$ 以上で $x$ の上限値 $x_m$ 以下の範囲内で適当なステップ幅 $d_x$ で $x$ を変化させて、再生ジッタが最小となる $x$ の値 $x_1$ を求める。例えば、下限値 $x_s = 0.85$ 、上限値 $x_m = 1.15$ 及びステップ幅 $d_x = 0.05$ の場合には、 $x$ を $0.85, 0.9, 0.95, 1.0, 1.05, 1.1$ 及び $1.15$ と変化させて、 $x$ の各値における再生ジッタの値を求め、再生ジッタの値が最も小さい $x$ の値 $x_1$ を求める。また、再生ジッタの値が値 $a$ となる $x$ の値 $x_2$ を求め、求めた値 $x_2$ の $c$ 倍の値 $x_3$ を求める。具体的な例としては、 $x$ の値を変化させて再生ジッタの値を求めたデータを用い、2つの隣接する $x$ の値における再生ジッタの値の一方が値 $a$ より大きく他方が値 $a$ より小さい場合には、2つの隣接する $x$ の値から直線補間により再生ジッタの値が値 $a$ となる $x$ の値 $x_2$ を求める。直線補間をすべきデータを採取できない場合には、 $x$ の上限値 $x_m$ 及び／又は下限値 $x_s$ を広げて、より広い範囲で再生ジッタの値のデータを取ったり、既存のデータを使って値 $x_2$ を予測したりする。最後に、値 $x_1$ と値 $x_3$ とを比較し、その小さい方の値 $x_4$ を求める。

【0066】ここで、再生ジッタが最小となる点を求める場合、 $x$ の適正值の近傍では $x$ の値を変化させても再生ジッタがあまり変化せず、再生ジッタが最小の点を発見しにくい場合がある。このような場合には、再生ジッタ最小点発見の代替方法として、次の方法が用いられる場合がある。 $x$ の値に対して再生ジッタのカーブは放物線的なカーブを描くため、再生ジッタの値が値 $a$ となる $x$ の値は、一般的には、2つ存在する。そこで、再生ジッタの値が値 $a$ となる $x$ の値 $x_1$ と値 $x_2$ とを比較し、その小さい方の $x$ の値 $x_3$ を求める。ここで、再生ジッタが最小となる点を求める場合、 $x$ の適正值の近傍では $x$ の値を変化させても再生ジッタがあまり変化せず、再生ジッタが最小の点を発見しにくい場合がある。

#### 【0067】(2) 第2の手順

$x$ の値を値 $x_4$ とし、 $y$ の下限値 $y_s$ 以上で $y$ の上限値 $y_m$ 以下の範囲内で適当なステップ幅 $d_y$ で $y$ を変化させて、再生ジッタが最小となる $y$ の値 $y_1$ を求める。

例えば、下限値 $y_s = 0.85$ 、上限値 $y_m = 1.15$ 及びステップ幅 $d_y = 0.05$ の場合には、 $y$ を $0.85, 0.9, 0.95, 1.0, 1.05, 1.1$ 及び $1.15$ と変化させて、 $y$ の各値における再生ジッタの値を求め、再生ジッタの値が最も小さい $y$ の値 $y_1$ を求める。ここで、再生ジッタが最小となる点を求める場合、 $y$ の適正值の近傍では $y$ の値を変化させても再生ジッタがあまり変化せず、再生ジッタが最小となる点を発見しにくい場合がある。このような場合には、再生ジッタ最小点発見の代替方法として、次の方法が用いられる場合がある。 $y$ の値に対して再生ジッタのカーブは放物線的なカーブを描くため、再生ジッタの値が値 $a$ となる $y$ の値は、一般的には、2つ存在する。そこで、再生ジッタの値が値 $a$ となる $y$ の値のうちの小さな値 $y_{1L}$ 及び大きな値 $y_{1H}$ を求め、値 $y_{1L}$ と値 $y_{1H}$ との算術平均を求めて値 $y_1$ とする。どちらの方法を用いてもよく、どちらかの方法で求めた $y$ の値を最終的な値 $y_1$ としてよい。

#### 【0068】(3) 第3の手順

$y$ の値を値 $y_1$ とする。第1の手順と同様に、 $x$ の下限値 $x_s$ 以上で $x$ の上限値 $x_m$ 以下の範囲内で適当なステップ幅 $d_x$ で $x$ を変化させて、再生ジッタが最小となる $x$ の値 $x_5$ を求める。また、第1の手順と同様に、再生ジッタの値が値 $a$ となる $x$ の値 $x_6$ を求め、求めた値 $x_6$ の $c$ 倍の値 $x_7$ を求める。最後に、値 $x_5$ と値 $x_7$ とを比較し、その小さい方の $x$ の値 $x_8$ を求める。ここで、再生ジッタが最小となる点を求める場合、 $x$ の適正值の近傍では $x$ の値を変化させても再生ジッタがあまり変化せず、再生ジッタが最小の点を発見しにくい場合がある。

【0069】この場合にも、第1の手順で説明した代替方法（値 $x_{1L}$ 及び値 $x_{1H}$ を用いた方法）と同様にして再生ジッタの最小点を発見してもよい。

【0070】以上説明した第1の手順、第2の手順及び第3の手順が終了した時点で、 $x$ の適正值は値 $x_8$ であり、 $y$ の適正值は値 $y_1$ であると判断する。このような第1の手順、第2の手順及び第3の手順を順次用いた $x$ 及び $y$ の適正值を求める方法では、最小のジッタ測定回数で $x$ 及び $y$ の適正值が求まるという効果がある。

【0071】次に、本発明の第1の実施態様による情報記録装置について図2を参照して説明する。図2は、本発明の第1の実施態様による情報記憶装置のブロック図である。なお、説明の都合上、図2には、記憶媒体100が情報記憶装置に装着されている様子が示されている。情報を記憶するのに記憶媒体100は必須であるが、記憶媒体100は必要に応じて情報記憶装置から取り外されたり取り付けられたりする。

【0072】図2を参照すると、筐体108に取り付けられたモーター110の回転軸111には、チャッキング機構（disk clamping mechanism）112が取り付け

られている。チャッキング機構112は記憶媒体100を保持している。すなわち、チャッキング機構112は記憶媒体100の保持機構となっている。また、モーター110、回転軸111及びチャッキング機構112により、記憶媒体100とエネルギーービームとを相対的に移動させる移動機構を構成している。

【0073】筐体108には、レール115が取り付けられている。ケース117には、レール115にガイドされるレールガイド116が取り付けられている。ケース117には直線ギア119も取り付けられており、直線ギア119には回転ギア120が取り付けられている。筐体108に取り付けられた回転モーター118の回転を回転ギア120に伝えることにより、ケース117はレール115に沿って直線運動する。この直線運動の方向は、記憶媒体100の半径方向とほぼ一致している。

【0074】ケース117には、磁石121が取り付けられている。ケース117には、対物レンズ136もサスペンション123を介して取り付けられている。サスペンション123は、記憶媒体100の記録面の法線方向とほぼ同じ方向及び記憶媒体100の半径方向とほぼ同じ方向の2つの方向にのみ対物レンズ136を移動可能とする。対物レンズ136には、磁石121とほぼ対向するようにコイル122が取り付けられている。コイル122に電流を流すことによって生じる磁力により、対物レンズ136は、記憶媒体100の記録面の法線方向とほぼ同じ方向及び記憶媒体100の半径方向とほぼ同じ方向の2つの方向に移動することができる。レール115とレールガイド116とケース117と磁石121とサスペンション123とコイル122と対物レンズ136とにより、エネルギーービームを記憶媒体100の所定の場所に照射させる位置決め機構を構成している。

【0075】ケース117には、エネルギーービーム発生器である半導体レーザ131が取り付けられている。半導体レーザ131から射出されたエネルギーービームは、コリメートレンズ132及びビームスプリッタ(beam splitter)133を通過したのち、対物レンズ136を通過する。対物レンズ136を通過した光の一部は、記憶媒体100で反射されたのち、対物レンズ136を通過してビームスプリッタ133に入射する。この光の一部は、ビームスプリッタ133で検出レンズ134の方向に反射され、検出レンズ134で集光されたのち、光検出器135に入射して、その光強度が検出される。光検出器135は、受光エリアが複数に分割されている。各受光エリアで検出された光強度は、アンプ152で増幅されるとともに演算されて、対物レンズ136で集光された光スポットと記憶媒体100との相対的な位置関係の情報(サーボ信号)と情報読み出し信号とが検出される。サーボ信号はサーボコントローラ151に送られる。また、読み出し信号は、スライサ170に送られて

2値化される。この2値化信号は、デコーダ153と時間間隔測定回路171とに送られる。

【0076】記憶媒体100が情報記憶装置に取り付けられ、チャッキング機構112が記憶媒体100を固定すると、検出器140が作動して、その出力信号をシステムコントローラ150に送る。システムコントローラ150は、検出器140の出力信号に基づいてモーター110を制御して、記憶媒体100を適切な回転数となるように回転させる。また、システムコントローラ150は、回転モーター118を制御して、ケース117を適切な位置に位置決めする。また、システムコントローラ150は、半導体レーザ131を発光させるとともに、サーボコントローラ151を動作させて回転モーター118を動作させたりコイル123に電流を流して、対物レンズ136の形成する焦点スポットを記憶媒体100の所定の場所に位置決めする。その後、サーボコントローラ151は、焦点スポットが記憶媒体100上に形成された旨の信号をシステムコントローラ150に送る。

【0077】システムコントローラ150は、デコーダ153に指示を与え、読み出される信号をデコードする。読み出されるトラックがコントロールデータゾーンの情報トラックでない場合には、システムコントローラ150は、サーボコントローラ151に指示を与え、焦点スポットがコントロールデータゾーンの情報トラックに位置決めされるようにする。このような動作により、システムコントローラ150は、コントロールデータゾーンの情報トラックを読み取り、記録に関する媒体情報を読み出す。

【0078】コントロールデータゾーンの情報トラックには、図1で説明した記録ストラテジに関する情報が書き込まれている。システムコントローラ150は、記録パワーレベル、各記録バ尔斯の時間的な関係、ルックアップテーブル及び適応制御の推奨方法はどちらかの情報などの記録ストラテジのパラメータを記憶媒体100から読み取る。システムコントローラ150は、これらの記録ストラテジのパラメータを信号処理回路154のパラメータテーブル、遅延回路155のパラメータテーブル及び電流シンク156の電流シンク量パラメータテーブルに書き込む。適応制御方法の選択により、遅延回路155のパラメータテーブルの書き込み方を異ならせるか遅延回路155のスイッチを切り換えることにより、図1で説明した各適応制御方法の動作を実現する。

【0079】システムコントローラ150が記憶媒体100の記録ストラテジのパラメータを読み、それらを信号処理回路154のパラメータテーブル、遅延回路155のパラメータテーブル及び電流シンク156の電流シンク量パラメータテーブルに書き込むのは、記憶媒体100が書き込み可能な状態である場合のみでかまわない。例えば、記憶媒体100のケースなどに存在するラ

イトプロテクスイッチが書き込み禁止の位置に選択されている場合や情報記憶装置の上位コントローラが書き込み禁止を指示している場合などのように記憶媒体100が書き込み禁止状態である場合には、記録ストラテジーのパラメータの読み込みなどの一連の動作は省略することができる。ライトプロテクスイッチを検出するために、検出スイッチ141が筐体108に取り付けられており、検出スイッチ141の出力信号をシステムコントローラ150に送っている。記録禁止状態の場合には、記録ストラテジーのパラメーターの読み取り作業を止めることで、記憶媒体100がチャッキング機構112に固定されてから再生可能状態になるまでの準備時間を短縮することができる。

【0080】入力コネクタ159を介して上位コントローラから情報再生の指示を送ってきた場合、システムコントローラ150は、サーボコントローラ151に指示を与えて焦点スポットを記憶媒体100の適切な場所に位置決めし、光検出器135で得られる信号をライサ170及びデコーダ153でデコードしたのち、出力コネクタ158を通して読み出した情報を上位コントローラに送る。

【0081】入力コネクタ159を介して上位コントローラから情報書き込みの指示及び書き込むべき情報が送られてきた場合には、システムコントローラ150は、サーボコントローラ151に指示を与えて焦点スポットを記憶媒体100の適切な場所に位置決めする。また、書き込むべき情報は、信号処理回路161でNRZI信号に変換される。NRZI信号は、信号処理回路154で複数の適当なパルス列に変換される。このパルス列は、遅延回路155を通過して、電流シンク156に送られる。ここで、信号処理回路161及び信号処理回路154は、書き込むべき情報を記録パルスの列（すなわち、エネルギーービームのパワーレベル）に変換する信号処理回路を構成する。

【0082】半導体レーザ131には定電流源157が接続されており、半導体レーザ131及び電流シンク156で消費される電流の合計が常に一定の値になるようにしている。定電流源157には、複数の電流シンク156が接続されている。電流シンク156が動作して電流を吸い込むか否かは、信号処理回路154で発生されたのち遅延回路155を通過したパルス列に依存している。電流シンク156が動作することにより、定電流源157から出力される電流の一部が電流シンク156に吸い取られ、その結果、半導体レーザ131に流れ込む電流量が低下する。これにより、半導体レーザ131で発光するエネルギーービームのエネルギーーレベルを変化させる。信号処理回路154及び遅延回路155は、複数の電流シンク156を適当なタイミングで動作させることにより、図1に示した記録ストラテジーを実現する。

【0083】以上の動作を行うために、情報記録装置

は、端子160を介して外部から電力の供給を受けている。

【0084】情報書き込みの必要性が発生した場合や情報書き込みが発生する以前に、情報書き込みをする際のエネルギーービームのパワーレベルを最適化したり、このパワーレベルの値をアップデートしたりすることができる。このような場合、システムコントローラ150は、信号処理回路154に適当な記録パターンを送り、記憶媒体100上に記録マーク列を形成する。その後、この記録マーク列を再生して得られた再生信号が、ライサ170で2値化されたのち、時間間隔測定回路171に送られる。時間間隔測定回路171は、再生信号の揺らぎ（ジッタ）を測定し、その測定結果をシステムコントローラ150に送る。システムコントローラ150は、この揺らぎ（ジッタ）の測定結果に基づいて図1の説明で述べた手順に従って記録パワーレベルを変化させる。システムコントローラ150は、信号処理回路154に前記適当な記録パターンを再度送り、記憶媒体100上に記録マーク列を新しい記録パワーレベルを用いて形成する。このように再生ジッタの測定とそれに伴う記録パワーレベルの更新とを必要回数だけ繰り返すことにより、与えられた記憶媒体100に対する最適な書き込みの記録パワーレベルを必要なときに作成することができるため、常に安定して信頼性良く情報を記憶媒体100書き込むことができるという効果が得られる。

【0085】なお、時間間隔測定回路171の例としては、タイムインターバルアナライザ（TIA）の機能を有する回路がある。時間間隔測定回路171の別の例としては、ライサ170により2値化されたデジタル信号に対してPLL（Phase LockLoop）をかけ、このPLLのエラー信号（PLLの発生するクロックのエッジ位置と2値化されたデジタル信号のエッジ位置との不整合量）の大きさをもって、2値化されたデジタル信号のジッタ量とする方法がある。PLL回路はデコーダ153で再生信号をデコードする際に必須となるので、PLLのエラー信号を用いることは、格別新規なTIAを情報記録装置にインプリメントしなくとも済むという効果がある。また、時間間隔測定回路171の別の例としては、ライサ170により2値化されたデジタル信号と書き込みの際に信号処理回路154に与えた記録パターンとを比較し、その不一致の量をエラーパルスとして、エラーパルスの頻度を持って、2値化されたデジタル信号のジッタ量とする方法がある。この場合でも、情報記録装置に格別新規な回路を投入しなくても2値化されたデジタル信号のジッタ量が評価できるという効果がある。

【0086】以上述べたように、本発明により、最短記録マーク長が記録スポット半径以下となるような高密度記録の状況においても、常に安定して記録マークエッジを所定の位置に位置付けることが可能となり、常に安定

して信頼性良く情報を記録媒体に記録することができる  
よいう効果が得られる。

【0087】(第2の実施態様) 次に、本発明の第2の  
実施態様による情報記録方法について、図1を参照して  
説明する。

【0088】上述したように、Peak Power, Bias Power  
1, Bias Power 2及びBias Power 3の初期値は、記録媒  
体のコントロールデータゾーンの情報トラックからそれ  
ぞれの推奨値を読み取り、読み取った推奨値に基づいて  
決定することが考えられる。

【0089】ここで、記録媒体とこの記録媒体に対する  
記録パワーレベル及びエッジシフトのルックアップテー  
ブルとが情報記録装置に与えられているものとする。この  
記録パワーレベル及びルックアップテーブルは、記録  
媒体の所定の場所に記録されていた値を読み取ったもの  
であったり、情報記録装置が何らかの方法で求めた値で  
あったりするかもしれない。情報記録装置は、この記録  
パワーレベル及びルックアップテーブルを用いて記録を行  
う。しかしながら、情報記録装置の環境温度が使用中  
に変化したり経年変化が生じたりして記録特性が変化し  
てしまったり、情報記録装置間の記録特性のばらつきが  
あったりなどして、与えられた記録パワーレベル及びル  
ックアップテーブルが必ずしもその情報記録装置の現在  
の記録特性と記録媒体との組み合わせに対して最適な値  
でないかもしれない。すなわち、経時的な特性変化や情  
報記録装置個体間の特性相違やその他により記録パワ  
ーレベル及びルックアップテーブルに互換性の問題が発生  
する場合を考える。

【0090】従来の相変化記録媒体では、記録時にエッ  
ジシフトのルックアップテーブルが存在しない場合には、記  
録パワーレベルのみの最適化を考えればよかつた。片面2.  
6 GBのDVD-RAMを例に取ると、情報記録装置に依存して種々の記  
録パワーレベル設定法があるが、最適な記録パワーレベルは、一般的には、次  
のような手続きで設定される。

【0091】(1) Bias Power 1(片面2. 6 GBのD  
VD-RAM規格書での呼び名)とBias Power 2(片面  
2. 6 GBのDVD-RAM規格書での呼び名)を固定  
してPeak Power(片面2. 6 GBのDVD-RAM規格  
書での呼び名)を変化させながらランダムパターンを記  
録し再生して、再生信号のジッタを測定する。ジッタの  
値が13%となった記録パワーレベルの1. 2倍の記録  
パワーレベルをPeak Power(片面2. 6 GBのDVD  
-RAM規格書での呼び名)と設定する。

【0092】(2) Bias Power 1(片面2. 6 GBのD  
VD-RAM規格書での呼び名)を変化させながらラン  
ダムパターンを記録し再生して、再生信号のジッタを測  
定する。ジッタの値が最小となるバイアスパワーレベル  
をBias Power 1(片面2. 6 GBのDVD-RAM規格  
書での呼び名)とする。又は、ジッタの値が13%を横

切る2点の真中の点におけるバイアスパワーレベルをBi  
as Power 1(片面2. 6 GBのDVD-RAM規格書で  
の呼び名)とする。

【0093】(3) 場合によっては、上記(1)及び  
(2)の手順を再度行う。

【0094】すなわち、最適な記録パワーレベルは、ラ  
ンダムパターンを記録し再生して、再生信号のジッタの  
カーブから求められる。

【0095】片面2. 6 GBのDVD-RAMより高密  
度の記録となり、片面2. 6 GBのDVD-RAMでは  
存在しなかったエッジシフトのルックアップテーブルを  
用いて記録を行う場合には、上記のようなランダムパタ  
ーンの再生ジッタを測定するだけでは十分精度の良いパ  
ワーレベル設定ができない場合がある。すなわち、エッ  
ジシフトのルックアップテーブルそのものに互換性が保  
てなくなつた場合である。この場合、上記のようなラン  
ダムパターンの再生ジッタは、ルックアップテーブルが  
適合していないため、予期された以上に悪い値となつ  
てしまい、正常にパワーレベルが決定できない。このよう  
な場合には、もはや互換性の取れなくなつたルックアッ  
プテーブルを使わないでパワーレベルを設定することが  
望ましい場合がある。

【0096】本願の発明者は、このような記録パワーレ  
ベル及びルックアップテーブルに互換性が取れなくなつ  
た場合の記録パワーレベル及びルックアップテーブルの  
更新の仕方について検討を行ってきたが、片面2. 6 G  
BのDVD-RAMを越す面密度を有する相変化媒体を  
用いるとともにルックアップテーブルを用いた記録制御  
を行っている情報記録装置においては、次のような手順  
を行うと精度良く記録パワーレベル及びルックアップテ  
ーブルの更新ができるということを認識するに至った。

【0097】(1) 同一の長さを有するマーク及びスペ  
ースの繰り返しパターンにより、Peak Power及びBias P  
owerを設定する。設定されたPeak Power及びBias Power  
を暫定Peak Power及び暫定Bias Powerとそれぞれ称す  
る。ここで重要なのは、パワーレベルの決定順序と記録  
パターンとである。なお、単にBias Powerとのみ称する  
場合には、図1に示したBias Power 1, Bias Power 2及  
びBias Power 3のすべてを指し示すものとする。

【0098】(2) 暫定Peak Power及び暫定Bias Power  
を用いてルックアップテーブルを最適化する。

【0099】(3) 最適化されたルックアップテーブル  
を用い、ランダムパターンを用いてPeak Power及びBias  
Powerを設定する。ここで重要なことは、パワーレベル  
の決定順序と記録パターンとである。

【0100】上記手順(1)において、Peak Power及び  
Bias Powerを具体的に設定する方法には種々の方法があ  
るが、情報記録装置に都合のよい方法を選べばよい。重  
要なことは、パワーレベルの設定順序(Peak Powerをそ  
の初期値に固定してBias Powerを最適化したのち、Bias

PowerをBias Powerの最適値に固定してPeak Powerを最適化するという順序)と、同じ長さのマーク及びスペースの繰り返しパターンを用いることである。このような順序の必然性について以下に説明する。

【0101】図3に、Peak Powerを決定する実験例を示す。片面4.7GBのDVD-RAMの条件に則して実験を行った。横軸をPeak Powerにとってあり、長さ3Tのマークと長さ3Tのスペースとの繰り返しパターンの再生信号振幅をPeak Powerに対してプロットしている。パラメータはBias Power 1にとってある。ここで、Bias Power 1を変化させる場合、Bias Power 2とBias Power 3とは、Bias Power 1との比が一定となるように変化させる。このような実験からPeak Powerを求める場合、Peak Powerが大きくなつた際の再生信号振幅の飽和レベルから3dB振幅が低下するときのPeak Powerの値の1.2倍を最適パワーレベルとする。実験結果より明らかなことは、Bias Power 1が変化してしまうと、Peak Powerの最適値が変化してしまうことである。すなわち、Peak PowerとBias Powerとを最適化するときに、始めにPeak Powerを最適化する順序を採用すると、Peak Powerの最適化の際に任意に与えたBias Powerの初期値に応じてPeak Powerの最適値が変化してしまうということである。

【0102】図4A-4Cに、Bias Power 1を決定する実験例を示す。横軸はBias Power 1にとってある。長さ11Tのマークと長さ11Tのスペースとの繰り返しパターンに長さ3Tのマークと長さ3Tのスペースとの繰り返しパターンをオーバーライトしたときのジッタカーブ(3T on 11T)と、長さ3Tのマークと長さ3Tのスペースとの繰り返しパターンに長さ11Tのマークと長さ11Tのスペースとの繰り返しパターンをオーバーライトした場合のジッタカーブ(11T on 3T)とがプロットされている。縦軸はジッタ値である。この2つの曲線の重なり部分をジッタ値13%程度でスライスし、ジッタ値が13%となる2つのBias Power 1の値の平均値をBias Power 1の最適値とする。ここで、Bias Power 1を変化させる場合には、Bias Power 2とBias Power 3とは、Bias Power 1との比が一定となるように変化させていく。このような最適化をPeak Powerを変化させながら行った場合には、Peak Powerの値に依存せず、常に同じBias Power 1の値が得られる。

【0103】すなわち、Peak PowerとBias Power 1とを最適化するにおいて、始めにBias Power 1を最適化すると、Peak Powerの初期値にかかわらず常に正しいBias Power 1の最適値が得られる。また、その後にPeak Powerを求めれば、Peak Powerについても適正值が得られる。以上、Bias Power 1の最適化及びPeak Powerの最適化において、ランダムパターンを用いずに、同じ長さのマーク及びスペースの繰り返しパターンを用いた。これは、互換性が取れなくなったロックアップテーブルに依存せずにパワーレベルを決めるために重要となっている。以

上のような記録パターンで以上のような最適化順序を採用することにより、常に正しい記録パワーレベルが決定できるという効果が得られる。

【0104】上記(2)の手順においてロックアップテーブルを更新するが、上記(1)の手順において暫定パワーレベルが決定されているため、適正なパワーレベルにおけるロックアップテーブルを決めることができる。ロックアップテーブルの決め方には種々の方法があるが、情報記録装置に都合のよい方法でロックアップテーブルを決めればよいため、ここではロックアップテーブルの決め方については説明しない。

【0105】上記(3)において最終的に記録パワーレベルを決定するが、上記(1)及び(2)の手順で暫定パワーレベル及びロックアップテーブルは既に決められているにもかかわらず最終的な記録パワーレベル調整を行うのは、ランダムパターンにおける最適記録条件を見出すためである。上記(2)の手順でロックアップテーブルは既に更新されているので、ランダムパターンは十分ジッタが低減されており、ランダムパターンの再生ジッタは記録パワーレベルを決めるための有効なすべとなる。具体的なパワーレベル決定手順には種々の方法があり、情報記録装置の都合で任意に決めればよいが、ここではそのうちの一例を示す。Peak Powerを暫定Peak PowerとしBias Power 1を変化させてランダムパターンを記録したのちこれを再生して、再生ジッタを測定する。再生ジッタが最小となるバイアスパワーレベルを最適Bias Power 1とする。又は、再生ジッタの値が13%を横切る2点の真中の点におけるバイアスパワーレベルを最適Bias Power 1とする。その後、Bias Power 1を最適Bias Power 1としPeak Powerを変化させながらランダムパターンを記録したのちこれを再生して、再生ジッタを測定する。再生ジッタの値が13%となった記録パワーレベルの1.2倍の記録パワーレベルを最適Peak Powerとする。必要に応じてBias Power及びPeak Powerの設定を繰り返す。ここで重要なのは、パワーレベルの最適化の順序であり、前述と同様の必要性から、Bias Power 1を最適化したのちにPeak Powerを設定することが重要である。ここで、「Bias Power 1の最適化」と称したが、Bias Power 2及びBias Power 3は、Bias Power 1との比を一定に保ちながら、Bias Power 1の変化に則して変化させられる。

【0106】次に、本発明の第2の実施態様による情報記録装置について説明する。本実施態様による情報記録装置の構成は、図2に示した本発明の第1の実施態様による情報記録装置の構成と同様である。したがって、本実施態様による情報記録装置の動作について、図2を参考して以下に説明する。

【0107】情報書き込みの必要性が発生した場合又は情報書き込みが発生する以前に、情報書き込みをする際のエネルギーームのパワーレベルを最適化したり、パ

ワーレベル値をアップデートしたりすることができる。また、書き込みをする際の前エッジタイミング補正用ルックアップテーブルや後ろエッジ補正用ルックアップテーブルを最適化したり、テーブル値をアップデートしたりすることができる。このような場合、システムコントローラ150は、信号処理回路154に適当な記録パターンを送り、記録媒体100上に記録マーク列を形成する。その後、この記録マーク列が再生される。再生信号は、アンプ152で再生信号レベルを測定され、その測定値はシステムコントローラ150に送られる。また、再生信号は、スライサ170で2値化されたのち、時間間隔測定回路171に送られる。時間間隔測定回路171は、再生信号の揺らぎ(ジッタ)を測定し、その測定結果をシステムコントローラ150に送る。システムコントローラ150は、アンプ152における再生信号レベルの測定結果及び時間間隔測定回路171におけるジッタの測定結果に基づいて、図3、4A-4Cの説明で述べた手順に従って記録パワーレベルを変化させる。その後、システムコントローラ150は、信号処理回路154に前記適当な記録パターンを再度送り、記録媒体100上に記録マーク列を新しい記録パワーレベルを用いて形成する。このように再生信号レベル及び再生ジッタの測定とこれらの測定結果に基づく記録パワーレベルの更新とを必要回数だけ繰り返すことにより、与えられた記憶媒体100に対する最適な書き込みの記録パワーレベルを必要なときに決定することができる。

【0108】また、システムコントローラ150は、信号処理回路154に適当な記録パターンを送り、記録媒体100上に記録マーク列を形成する。その後、この記録マーク列が再生される。再生信号は、スライサ170で2値化されたのち、時間間隔測定回路171に送られる。時間間隔測定回路171は、再生信号の揺らぎ(ジッタ)を測定し、その測定結果をシステムコントローラ150に送る。得られたジッタが不充分な場合には、システムコントローラ150は、図1、3、4A-4Cの説明で述べた手順に従って、前エッジ及び後ろエッジ用のタイミング補正用ルックアップテーブルの値を変化させる。その後、システムコントローラ150は、信号処理回路154に前記適当な記録パターンを再度送り、記録媒体100上に記録マーク列を新しい前エッジ及び後ろエッジのタイミング用いて形成する。このように再生ジッタ及び信号エッジシフトの測定とこれらの測定結果に基づく前エッジ及び後ろエッジ用のタイミング補正用ルックアップテーブルの補償値の更新とを繰り返すことにより、与えられた記憶媒体100に対する最適な書き込みのルックアップテーブルを必要なときに決定することができる。

【0109】以上述べたように、本発明により、経時変化、温度変化及びその他により情報記録装置の記録特性が変動しても、簡単な手順により常に精度の高い記録バ

ワーレベル及び記録補償用のルックアップテーブルを得ることができ、常に安定して情報を記録することができるという効果が得られる。

【0110】(第3の実施態様) 次に、本発明の第3の実施態様による情報記録方法について説明する。まず、記録媒体に記録すべきマーク列について図5A、5Bを参照して説明する。

【0111】図5Aは、記録媒体上に記録された記録媒体の第2の状態(以下、「マーク」と称する。)及び第1の状態(以下、「スペース」と称する。)を示している。

【0112】マーク及びスペースを記録する際に基準周波数で動作するクロック(記録タイミング発生クロック)の周期をTとし、記録媒体とエネルギービームとの相対速度をvとする。小記録パターンA(第1の小記録パターン)は、長さ $a v T$ のマーク(第1のマーク)と、第1のマークに引き続く長さ $i v T$ のスペース(第1のスペース)と、第1のスペースに引き続く長さ $m v T$ のマーク(第2のマーク)と、第2のマークに引き続く長さ $j v T$ のスペース(第2のスペース)と、第2のスペースに引き続く長さ $b v T$ のマーク(第3のマーク)とからなる。小記録パターンB(第2の小記録パターン)は、長さ $C_1 v T$ のスペースから始まり、長さ $C_2 v T$ のマークが続き、長さ $C_3 v T$ のスペースが続き、長さ $C_4 v T$ のマークが続き、長さ $C_5 v T$ のスペースで終了するものである。すなわち、小記録パターンBは、第1の状態(スペース)で始まり第1の状態(スペース)で終了する、第1の状態(スペース)及び第2の状態(マーク)が有限回だけ交互に現れる状態のものである。小記録パターンAとそれに引き続く小記録パターンBとが基本記録パターンを形成する。ここで、マーク及びスペースの長さを表わすパラメータである $a$ 、 $i$ 、 $m$ 、 $j$ 、 $b$ 及び $C_1$ ~ $C_5$ はすべて、自然数(正の整数)である。

【0113】基本記録パターンに含まれるマークの長さパラメータのすべてを算術加算して得た加算値から基本記録パターンに含まれるスペースの長さのパラメータのすべてを算術加算して得た加算値を減じた値は、「Digital Sum Value(DSV)」と呼ばれる。基本記録パターンのDSVがゼロとなるようにマーク及びスペースの長さを調整することにより、マーク列の再生信号の品位が向上する。

【0114】記録パターンは、基本記録パターンが繰り返し現れる状態であり、その一例について図5Bを参照して説明する。記録パターンA1(第1の記録パターン)は複数の基本記録パターンからなり、各基本記録パターンのパラメータjの値はさまざまな値となっている(図5Bでは、jが $j_1$ から $j_h$ まで変化している)。パラメータjの値は、下限値及び上限値を設けて、ランダムな順番で変化させてよい。記録パタ

ーンB1（第2の記録パターン）も複数の基本記録パターンからなるが、各基本記録パターンのパラメータ*i*の値がさまざまな値となっている（図5Bでは、*i*が*i*<sub>1</sub>から*i*<sub>k</sub>まで変化しているものを示している）。パラメータ*i*の値も、下限値及び上限値を設けて、ランダムな順番で変化させてよい。

【0115】次に、図6A、6Bを参照して、図5A、5Bに示した記録パターンA1及び記録パターンB1を記録し、それらを再生したときの再生信号及びその処理方法について説明する。なお、説明の都合上、記録媒体に対するエネルギーービームの相対的な移動方向を紙面左から紙面右への方向とする。また、マークにおいて、エネルギーービームの移動方向と逆方向のマーク境界を「前エッジ」と称し、エネルギーービームの移動方向のマーク境界を「後ろエッジ」と称する。

【0116】図6Aは、図5Bに示した記録パターンA1の一部とそれに対応する再生信号とを示している。再生信号が紙面上側から紙面下側にスライスレベルを横切る位置が、再生信号における前エッジを示している。再生信号を用いて長さ  $a \vee T$  のマーク（第1のマーク）の前エッジから長さ  $m \vee T$  のマーク（第2のマーク）の前エッジまでの時間間隔を時間間隔測定器で測定した結果を測定時間  $T_1$  とする。この測定時間  $T_1$  が時間間隔  $(a + i) T$  と一致しないことは、長さ  $m \vee T$  のマーク（第2のマーク）の前エッジが適正な位置に存在しないことを示している。このようにして、長さ  $m \vee T$  のマーク（第2のマーク）の前エッジの位置を再生信号から測定することができる。

【0117】ここで重要なことは、長さ  $m \vee T$  のマーク（第2のマーク）に引き続く長さ  $j \vee T$  のスペース（第2のスペース）の長さが種々に変化していることである。長さ  $b \vee T$  のマーク（第3のマーク）を記録する際のエネルギーービームの照射が長さ  $m \vee T$  のマーク（第2のマーク）の前エッジ位置の変動を引き起こす恐れがある。また、この変動量は長さ  $j \vee T$  のスペース（第2のスペース）の長さの関数ともなっている。そこで、長さ  $j \vee T$  のスペース（第2のスペース）の長さを種々に変化させて、この変動量を平均化する。これにより、長さ  $b \vee T$  のマーク（第3のマーク）により長さ  $m \vee T$  のマーク（第2のマーク）の前エッジ位置が変動させられても、平均的な前エッジ位置を測定することで、信頼性の高いマークエッジ位置の測定ができるという効果が得られる。

【0118】図6Bは、図5Bに示した記録パターンB1の一部とそれに対応する再生信号とを示している。再生信号を用いて長さ  $m \vee T$  のマーク（第2のマーク）の後ろエッジから長さ  $b \vee T$  のマーク（第3のマーク）の後ろエッジまでの時間間隔を時間間隔測定器で測定した結果を測定時間  $T_2$  とする。この測定時間  $T_2$  が時間間隔  $(j + b) T$  と一致しないことは、長さ  $m \vee T$  のマーク

（第2のマーク）の後ろエッジが適正な位置に存在しないことを示している。このようにして、長さ  $m \vee T$  のマーク（第2のマーク）の後ろエッジの位置を再生信号から測定することができる。

【0119】ここで重要なことは、長さ  $m \vee T$  のマーク（第2のマーク）に先行する長さ  $i \vee T$  のスペース（第1のスペース）の長さが種々に変化していることである。長さ  $a \vee T$  のマーク（第1のマーク）を記録する際のエネルギーービームの照射が長さ  $m \vee T$  のマーク（第2のマーク）の後ろエッジ位置の変動を引き起こす恐れがある。また、この変動量は長さ  $i \vee T$  のスペース（第1のスペース）の長さの関数ともなっている。そこで、長さ  $i \vee T$  のスペース（第1のスペース）の長さを種々に変化させて、この変動量を平均化する。これにより、長さ  $a \vee T$  のマーク（第1のマーク）により長さ  $m \vee T$  のマーク（第2のマーク）の後ろエッジ位置が変動させられても、平均的な後ろエッジ位置を測定することで、信頼性の高いマークエッジ位置の測定ができるという効果が得られる。

【0120】次に、図1を参照して、マーク及びスペースを形成するときのエネルギーービームの照射の具体例を示し、任意のマークの前エッジ及び後ろエッジを精度良く制御する方法について述べる。

【0121】本発明の第1の実施態様による情報記録方法において説明したように、 $T_{SFP}$  及び  $T_{ELP}$  を NRZI 信号の前後の組み合わせに応じて変化させることにより、マークエッジ位置を常に精度良く制御することができる。しかしながら、マークエッジ位置を所定の場所にもって行くためには、現在のマークエッジ位置の精度良い把握が不可欠である。そこで、図5A、5Bで説明した記録パターンを用いて、図6A、6Bで説明したエッジ位置測定方法で精度の高いエッジ位置測定を行う。このエッジ位置測定結果に基づいて  $T_{SFP}$  及び  $T_{ELP}$  のルックアップテーブルを形成したり補正したりすることで、エッジ位置がすべて所定の位置に揃った信頼性の高い記録ができるという効果が得られる。

【0122】より具体的に説明すると、前エッジのルックアップテーブルの一つのエレメントの値（例えば、当該マーク（第2のマーク）の長さが  $M \vee T$  ( $M$  は自然数) で、先行するスペース（第1のスペース）の長さが  $I \vee T$  ( $I$  は自然数) の場合のルックアップテーブルのエレメントの値）を調べたい場合には、図5Aに示した小記録パターンAのパラメータ*i*の値を  $I$  とするとともにパラメータ  $m$  の値を  $M$  とした基本記録パターンを用いて図5Bに示した記録パターンA1を作成して、これを記録媒体に記録する。その後、図6Aで説明した手法で長さ  $a \vee T$  のマーク（第1のマーク）の前エッジから長さ  $M \vee T$  のマーク（第2のマーク）の前エッジまでの再生信号の時間間隔（測定時間  $T_1$ ）を測定する。測定時間  $T_1$  が時間間隔  $(a + I) T$  より長い場合には、長さ

$M \vee T$  のマーク（第2のマーク）の前エッジが所定位置より後ろ寄りにあるので、ルックアップテーブルのエレメントの数値を小さくする。すなわち、図1に示した  $T_{SFP}$  の値を小さくして、先頭パルスがより早いタイミングで開始するように調整する。一方、測定時間  $T_1$  が時間間隔  $(a + I)$   $T$  より短い場合には、長さ  $M \vee T$  のマーク（第2のマーク）の前エッジが所定位置より前寄りにあるので、ルックアップテーブルのエレメントの数値を大きくする。すなわち、図1に示した  $T_{SFP}$  の値を大きくして、先頭パルスがより遅いタイミングで開始するように調整する。このような調整により、当該マーク（第2のマーク）の前エッジ位置を所定の位置にもってくることができる。このような調整を  $M$  の値及び  $I$  の値をえながら前エッジに関するルックアップテーブルのすべてのエレメントに対して行うことで、どのような NRZI 信号の組み合わせに対しても、常に安定して前エッジを所定の位置に位置決めできるという効果が得られる。その結果、情報記憶の信頼性を向上させることができる。

【0123】別の例では、後ろエッジのルックアップテーブルの一つのエレメントの値（例えば、当該マーク（第2のマーク）の長さが  $M \vee T$  ( $M$  は自然数) で、後続のスペース（第2のスペース）の長さが  $J \vee T$  ( $J$  は自然数) の場合のルックアップテーブルのエレメントの値）を調べたい場合には、図5Aに示した小記録パターンAのパラメータ  $j$  の値を  $J$  とするとともにパラメータ  $m$  の値を  $M$  とした基本記録パターンを用いて図5Bに示した記録パターンB1を作成して、これを記録媒体に記録する。その後、図6Bで説明した手法で長さ  $M \vee T$  のマーク（第2のマーク）の後ろエッジから長さ  $b \vee T$  のマーク（第3のマーク）の後ろエッジまでの再生信号の時間間隔（測定時間  $T_2$ ）を測定し、測定時間  $T_2$  が時間間隔  $(b + J)$   $T$  より長い場合には、長さ  $M \vee T$  のマーク（第2のマーク）の後ろエッジが所定位置より前寄りにあるので、ルックアップテーブルのエレメントの数値を大きくする。すなわち、図1に示した  $T_{ELP}$  の値を大きくして、最終パルスがより遅いタイミングで終了するように調整する。一方、測定時間  $T_2$  が時間間隔  $(b + J)$   $T$  より短い場合には、長さ  $M \vee T$  のマーク（第2のマーク）の後ろエッジが所定位置より後ろ寄りがあるので、ルックアップテーブルのエレメントの数値を小さくする。すなわち、図1に示した  $T_{ELP}$  の値を小さくして、最終パルスがより早いタイミングで終了するように調整する。このような調整により、当該マーク（第2のマーク）の後ろエッジ位置を所定の位置にもくることができる。このような調整を  $M$  の値及び  $J$  の値をえながら後ろエッジに関するルックアップテーブルのすべてのエレメントに対して行うことで、どのような NRZI 信号の組み合わせに対しても、常に安定して後ろエッジを所定の位置に位置決めできるという効果が得られ

る。その結果、情報記憶の信頼性を向上させができる。

【0124】次に、本発明の第3の実施態様による情報記録装置について説明する。本実施態様による情報記録装置の構成は、図2に示した本発明の第1の実施態様による情報記録装置の構成と同様である。したがって、本実施態様による情報記録装置の動作について、図2を参照して以下に説明する。

【0125】情報書き込みの必要性が発生した場合又は情報書き込みが発生する以前に、情報書き込みをする際の前エッジ及び後ろエッジの制御用のルックアップテーブルを最適化したりアップデートしたりすることがある。このような場合、システムコントローラ150は、信号処理回路154に図5Bに示した記録パターンA1又は記録パターンB1を送り、記録媒体100上に図5A、5Bで説明した記録マーク列を形成する。その後、この記録マーク列が再生される。再生信号は、スライサー170で2値化されたのち、時間間隔測定回路171に送られる。時間間隔測定回路171は、図6A、6Bで説明した時間間隔（測定時間  $T_1$ ）及び時間間隔（測定時間  $T_2$ ）を測定し、その測定結果をシステムコントローラ150に送る。システムコントローラ150は、受け取った測定時間  $T_1$  及び測定時間  $T_2$ に基づいて上述した手順に従ってルックアップテーブルを更新する。その後、システムコントローラ150は、信号処理回路154に記録パターンA1又は記録パターンB1を再度送り、更新されたルックアップテーブルを用いて記録媒体100上に記録マーク列を形成する。

【0126】このように測定時間  $T_1$  及び測定時間  $T_2$  の測定とこの測定結果に基づくルックアップテーブルの更新とを必要回数だけ繰り返すことにより、与えられた記憶媒体100に対する最適書き込みのルックアップテーブルを必要なときに作成することができ、常に安定して信頼性良く情報を記録媒体100書き込むことができるという効果が得られる。

【0127】なお、時間間隔測定回路171としては、タイムインターバルアナライザの機能を有する回路が一例として考えられる。また、別の一例として、図6Aで説明した測定時間  $T_1$  の測定には、マークの前エッジ間隔を常にモニターし、隣接する前エッジ間隔が  $(a + i - 0, 5)$   $T$  から  $(a + i)$   $T$  の範囲にある回数をカウントする第1のカウンターと、隣接する前エッジ間隔が  $(a + i)$   $T$  から  $(a + i + 0, 5)$   $T$  の範囲にある回数をカウントする第2のカウンターとを設け、第1のカウンターの頻度と第2のカウンターの頻度との差を用いて、時間間隔  $T_1$  が所定の時間  $(a + i)$   $T$  より長いか短いかを判断してもよい。すなわち、第1のカウンターの頻度が第2のカウンターの頻度より高ければ、測定時間  $T_1$  は所定時間  $(a + i)$   $T$  より短く、一方、第2のカウンターの頻度が第1のカウンターの頻度より高ければ

れば、測定時間 $T_1$ は所定時間 $(a+i)T$ より長いと判断してよい。また、図6Bで説明した測定時間 $T_2$ の測定には、マークの後ろエッジ間隔を常にモニターし、隣接する後ろエッジ間隔が $(b+j-0, 5)T$ から $(b+j)T$ の範囲にある回数をカウントする第3のカウンターと、隣接する前エッジ間隔が $(b+j)T$ から $(b+j+0, 5)T$ の範囲にある回数をカウントする第4のカウンターとを設け、第3のカウンターの頻度と第4のカウンターの頻度との差を用いて、測定時間 $T_2$ が所定の時間 $(b+j)T$ より長いか短いかを判断してもよい。すなわち、第3のカウンターの頻度が第4のカウンターの頻度より高ければ、測定時間 $T_2$ は所定時間 $(b+j)T$ より短く、一方、第4のカウンターの頻度が第3のカウンターの頻度より高ければ、測定時間 $T_2$ は所定時間 $(b+j)T$ より長いと判断してよい。このようなカウンターの頻度比較による時間測定は、タイムインターバルアナライザの構成よりも簡素化することができ、結果的に簡素であるが故に信頼性が高いという効果が得られる。

【0128】次に、DVD-RAMを例に取り、記録マーク列の具体例について説明する。

【0129】記録マーク列としては、DSVがゼロであることが望ましく、また、測定しようとしているマークエッジ間隔に不要なマークエッジ間隔が混入しないことが望ましい。具体的な記録マーク列の一例として、図7A、7Bに示す記録マーク列が考えられる。図7A、7Bに示した基本記録パターンの2つの具体例では、パラメータ*i*、パラメータ*m*及びパラメータ*j*が3以上で6以下の整数であることを想定している。このような基本記録パターンを用いて図5Bに示した記録パターンA1又は記録パターンB1を形成することで、DSVをゼロとともに、測定しようとしているマークエッジ間隔に不要なマークエッジ間隔が重複することなく、精度良くマークエッジ位置測定が行えるという効果が得られる。

【0130】次に、DVD-RAMを例に取り、図5Bに示した記録パターンA1及び記録パターンB1を混在させた例について説明する。この場合、基本記録パターンが図7Aに示したものである記録パターン又は基本記録パターンが図7Bに示したものである記録パターンを用いることが前提となる。すなわち、図7Bの基本記録パターンを用い、パラメータ*m*を固定してパラメータ*i*とパラメータ*j*とを種々に変化させて作った基本記録パターンを接続して、記録パターンCを形成する。ただし、記録パターンC中の基本記録パターンには、パラメータ*i*及びパラメータ*j*が3以上で6以下の条件で、すべてのパラメータ*i*とパラメータ*j*との組み合わせが存在しているものとする。

【0131】このように形成された記録マーク列の具体例を図8に示す。この具体例は*m*=6の場合に則したもの

である。四角枠内に書かれた数字はマークの長さのパラメータを示し、実際のマークの長さは四角枠内に書かれた数字に $\sqrt{T}$ を乗じた長さとなる。また、四角枠外に書かれた数字はスペースの長さのパラメータを示し、実際のスペースの長さは四角枠外に書かれた数字に $\sqrt{T}$ を乗じた長さとなる。マーク・スペース列は長いため、折り畳んで表示されている。図の左上のマークから開始し、以降順次右側へとスペース、マーク及びスペースの順番でマーク・スペース列が示されている。図示一番右側のスペースの次には、一行下の図示一番左側のマークが接続される。図示最下行の一番右側のスペースが記録パターンCの最後である。この記録パターンを必要回数だけ繰り返して記録し、これを再生する。

【0132】前エッジ間隔が測定される。前エッジ間隔が13Tの近傍となるエッジ位置は、先行するスペースの長さが3Tの場合の長さ6Tのマークの前エッジ位置となる。また、前エッジ間隔が14Tの近傍となるエッジ位置は、先行するスペースの長さが4Tの場合の長さ6Tのマークの前エッジ位置となる。また、前エッジ間隔が15Tの近傍となるエッジ位置は、先行するスペースの長さが5Tの場合の長さ6Tのマークの前エッジ位置となる。また、前エッジ間隔が16Tの近傍となるエッジ位置は、先行するスペースの長さが6Tの場合の長さ6Tのマークの前エッジ位置となる。

【0133】後ろエッジ間隔も測定される。後ろエッジ間隔が13Tの近傍となるエッジ位置は、後続のスペースの長さが3Tの場合の長さ6Tのマークの後ろエッジ位置となる。また、後ろエッジ間隔が14Tの近傍となるエッジ位置は、後続のスペースの長さが4Tの場合の長さ6Tのマークの後ろエッジ位置となる。また、後ろエッジ間隔が15Tの近傍となるエッジ位置は、後続のスペースの長さが5Tの場合の長さ6Tのマークの後ろエッジ位置となる。また、後ろエッジ間隔が16Tの近傍となるエッジ位置は、後続のスペースの長さが6Tの場合の長さ6Tのマークの後ろエッジ位置となる。

【0134】以上のように、図7A、7Bに示したマーク及びスペース列を用いることにより、同じ記録パターンCの繰り返しで、マークの前エッジ及び後ろエッジが同時に測定できる。また、DSVがゼロであり、与えられたマーク長に対して先行スペース及び後続スペースの種々の組み合わせに対するエッジ位置を一時に測定できて、簡便で精度良くエッジ位置を測定できるという効果が得られる。

【0135】*m*=5に則した記録マーク列を図9に示す。マーク及びスペースの配列の仕方は図8と同様である。この記録パターンを必要回数だけ繰り返して記録し、これを再生する。

【0136】前エッジ間隔が測定される。前エッジ間隔が13Tの近傍となるエッジ位置は、先行するスペースの長さが3Tの場合の長さ5Tのマークの前エッジ位置

となる。また、前エッジ間隔が14Tの近傍となるエッジ位置は、先行するスペースの長さが4Tの場合の長さ5Tのマークの前エッジ位置となる。また、前エッジ間隔が15Tの近傍となるエッジ位置は、先行するスペースの長さが5Tの場合の長さ5Tのマークの前エッジ位置となる。また、前エッジ間隔が16Tの近傍となるエッジ位置は、先行するスペースの長さが6Tの場合の長さ5Tのマークの前エッジ位置となる。

【0137】後ろエッジ間隔も測定される。後ろエッジ間隔が13Tの近傍となるエッジ位置は、後続のスペースの長さが3Tの場合の長さ5Tのマークの後ろエッジ位置となる。また、後ろエッジ間隔が14Tの近傍となるエッジ位置は、後続のスペースの長さが4Tの場合の長さ5Tのマークの後ろエッジ位置となる。また、後ろエッジ間隔が15Tの近傍となるエッジ位置は、後続のスペースの長さが5Tの場合の長さ5Tのマークの後ろエッジ位置となる。また、後ろエッジ間隔が16Tの近傍となるエッジ位置は、後続のスペースの長さが6Tの場合の長さ5Tのマークの後ろエッジ位置となる。

【0138】 $m=4$ に則した記録マーク列を図10に示す。マーク及びスペースの配列の仕方は図8と同様である。この記録パターンを必要回数だけ繰り返して記録し、これを再生する。

【0139】前エッジ間隔が測定される。前エッジ間隔が13Tの近傍となるエッジ位置は、先行するスペースの長さが3Tの場合の長さ4Tのマークの前エッジ位置となる。また、前エッジ間隔が14Tの近傍となるエッジ位置は、先行するスペースの長さが4Tの場合の長さ4Tのマークの前エッジ位置となる。また、前エッジ間隔が15Tの近傍となるエッジ位置は、先行するスペースの長さが5Tの場合の長さ4Tのマークの前エッジ位置となる。また、前エッジ間隔が16Tの近傍となるエッジ位置は、先行するスペースの長さが6Tの場合の長さ4Tのマークの前エッジ位置となる。

【0140】後ろエッジ間隔も測定される。後ろエッジ間隔が13Tの近傍となるエッジ位置は、後続のスペースの長さが3Tの場合の長さ4Tのマークの後ろエッジ位置となる。また、後ろエッジ間隔が14Tの近傍となるエッジ位置は、後続のスペースの長さが4Tの場合の長さ4Tのマークの後ろエッジ位置となる。また、後ろエッジ間隔が15Tの近傍となるエッジ位置は、後続のスペースの長さが5Tの場合の長さ4Tのマークの後ろエッジ位置となる。また、後ろエッジ間隔が16Tの近傍となるエッジ位置は、後続のスペースの長さが6Tの場合の長さ4Tのマークの後ろエッジ位置となる。

【0141】 $m=3$ に則した記録マーク列を図11に示す。マーク及びスペースの配列の仕方は図8と同様である。この記録パターンを必要回数だけ繰り返して記録し、これを再生する。

【0142】前エッジ間隔が測定される。前エッジ間隔

が13Tの近傍となるエッジ位置は、先行するスペースの長さが3Tの場合の長さ3Tのマークの前エッジ位置となる。また、前エッジ間隔が14Tの近傍となるエッジ位置は、先行するスペースの長さが4Tの場合の長さ3Tのマークの前エッジ位置となる。また、前エッジ間隔が15Tの近傍となるエッジ位置は、先行するスペースの長さが5Tの場合の長さ3Tのマークの前エッジ位置となる。また、前エッジ間隔が16Tの近傍となるエッジ位置は、先行するスペースの長さが6Tの場合の長さ3Tのマークの前エッジ位置となる。

【0143】後ろエッジ間隔も測定される。後ろエッジ間隔が13Tの近傍となるエッジ位置は、後続のスペースの長さが3Tの場合の長さ3Tのマークの後ろエッジ位置となる。また、後ろエッジ間隔が14Tの近傍となるエッジ位置は、後続のスペースの長さが4Tの場合の長さ3Tのマークの後ろエッジ位置となる。また、後ろエッジ間隔が15Tの近傍となるエッジ位置は、後続のスペースの長さが5Tの場合の長さ3Tのマークの後ろエッジ位置となる。また、後ろエッジ間隔が16Tの近傍となるエッジ位置は、後続のスペースの長さが6Tの場合の長さ3Tのマークの後ろエッジ位置となる。

【0144】図8-11を参照して説明した記録パターンは、 $m$ の値が異なるにもかかわらず、先行するスペースの長さ及び後続のスペースの長さが3Tの場合はエッジ間隔13Tの測定を常に行い、先行するスペースの長さ及び後続のスペースの長さが4Tの場合はエッジ間隔14Tの測定を常に行い、先行するスペースの長さ及び後続のスペースの長さが5Tの場合はエッジ間隔15Tの測定を常に行い、先行するスペースの長さ及び後続のスペースの長さが6Tの場合はエッジ間隔16Tの測定を常に行う。すなわち、 $m$ に依存せず常に同じエッジ間隔を測定すればよいので、測定が簡便となり、簡単で精度の高いエッジ位置検出を行うことができるという効果が得られる。

【0145】次に、図8-11に示した記録パターンを用いて簡素な回路系でエッジ位置を評価する処理方法について説明する。隣接する前エッジの間隔を監視し、前エッジ間隔が長さ11.5Tから長さ12.5Tの時間間隔に入る回数を数える第1のカウンタと、前エッジ間隔が長さ12.5Tから長さ13.5Tの時間間隔に入る回数を数える第2のカウンタと、前エッジ間隔が長さ13.5Tから長さ14.5Tの時間間隔に入る回数を数える第3のカウンタと、前エッジ間隔が長さ14.5Tから長さ15.5Tの時間間隔に入る回数を数える第4のカウンタと、前エッジ間隔が長さ15.5Tから長さ16.5Tの時間間隔に入る回数を数える第5のカウンタとを用いる。第1のカウンタの計数と第2のカウンタの計数との差を用いて、先行するスペースの長さが3Tの場合の前エッジ位置を推定する。第2のカウンタの計数と第3のカウンタの計数との差を用いて、先行する

スペースの長さが4Tの場合の前エッジ位置を推定する。第3のカウンタと第4のカウンタの計数との差を用いて、先行するスペースの長さが5Tの場合の前エッジ位置を推定する。第4のカウンタの計数と第5のカウンタの計数との差を用いて、先行するスペースの長さが6Tの場合の前エッジ位置を推定する。

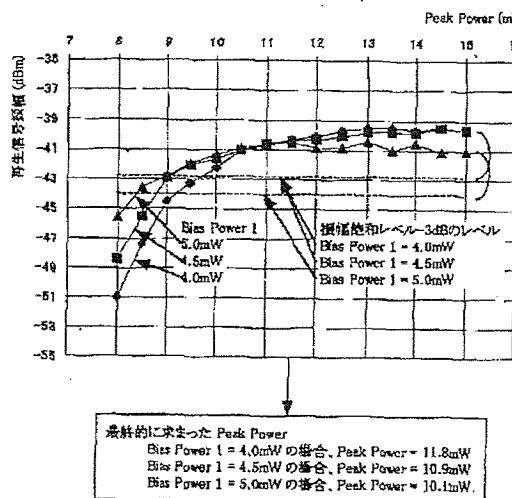
【0146】その後、隣接する後ろエッジの間隔を監視し、前述した第1乃至第5のカウンタを用いてエッジ間隔の測定を行う。第1のカウンタの計数と第2のカウンタの計数との差を用いて、後続のスペースの長さが3Tの場合の後ろエッジ位置を推定する。また、第2のカウンタの計数と第3のカウンタの計数との差を用いて、後続のスペースの長さが4Tの場合の後ろエッジ位置を推定する。第3のカウンタの計数と第4のカウンタの計数との差を用いて、後続のスペースの長さが5Tの場合の後ろエッジ位置を推定する。第4のカウンタの計数と第5のカウンタの計数との差を用いて、後続のスペースの長さが6Tの場合の後ろエッジ位置を推定する。

【0147】以上のような構成を採用することにより、簡便なカウンタを5種類用意するだけで、すべてのNRZI信号の前後の組み合わせに対するマークエッジ位置制御用のルックアップテーブルを精度良く決めることができるという効果が得られる。

【0148】なお、図8-11の説明では図7Bに示した基本記録パターンを用いたが、Fig. 7Aに示した基本記録パターンを用いて図8-11で説明したものと同様にして記録マーク列を形成しても、同様な効果を得ることができる。この場合、マーク及びスペースの合計数が減って、記録パターンの生成が簡単になるという効果も得られる。

【図3】

図3



## 【0149】

【発明の効果】本発明によれば、最短記録マーク長が記録スポット半径以下となるような高密度記録の状況においても、常に安定して記録マークエッジを所定の位置に位置付けることが可能となり、常に安定して信頼性良く情報を記録媒体に記録することができるという効果が得られる。

## 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明によるエネルギービーム照射量の時間変調方法（ライトストラテジ）の具体例を示す図。

【図2】本発明による情報記録装置のブロック図。

【図3】Peak Powerの値に対する再生信号振幅の実験結果の一例を示す図。

【図4】図4（A）～図4（C）は、Bias Powerの値に対する再生信号ジッタの実験結果の一例を示す図。

【図5】図5（A）、5（B）は、記録媒体に記録すべきマーク列の説明図。

【図6】図6（A）、図6（B）は、再生信号の説明図。

【図7】図7（A）、図7（B）は、基本記録パターンの具体例を示す図。

【図8】記録パターンの具体例（当該マークの長さが6vT）を示す図。

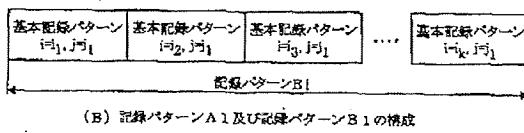
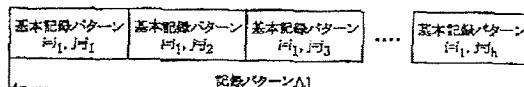
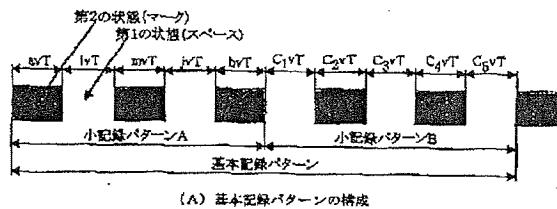
【図9】記録パターンの具体例（当該マークの長さが5vT）を示す図。

【図10】記録パターンの具体例（当該マークの長さが4vT）を示す図。

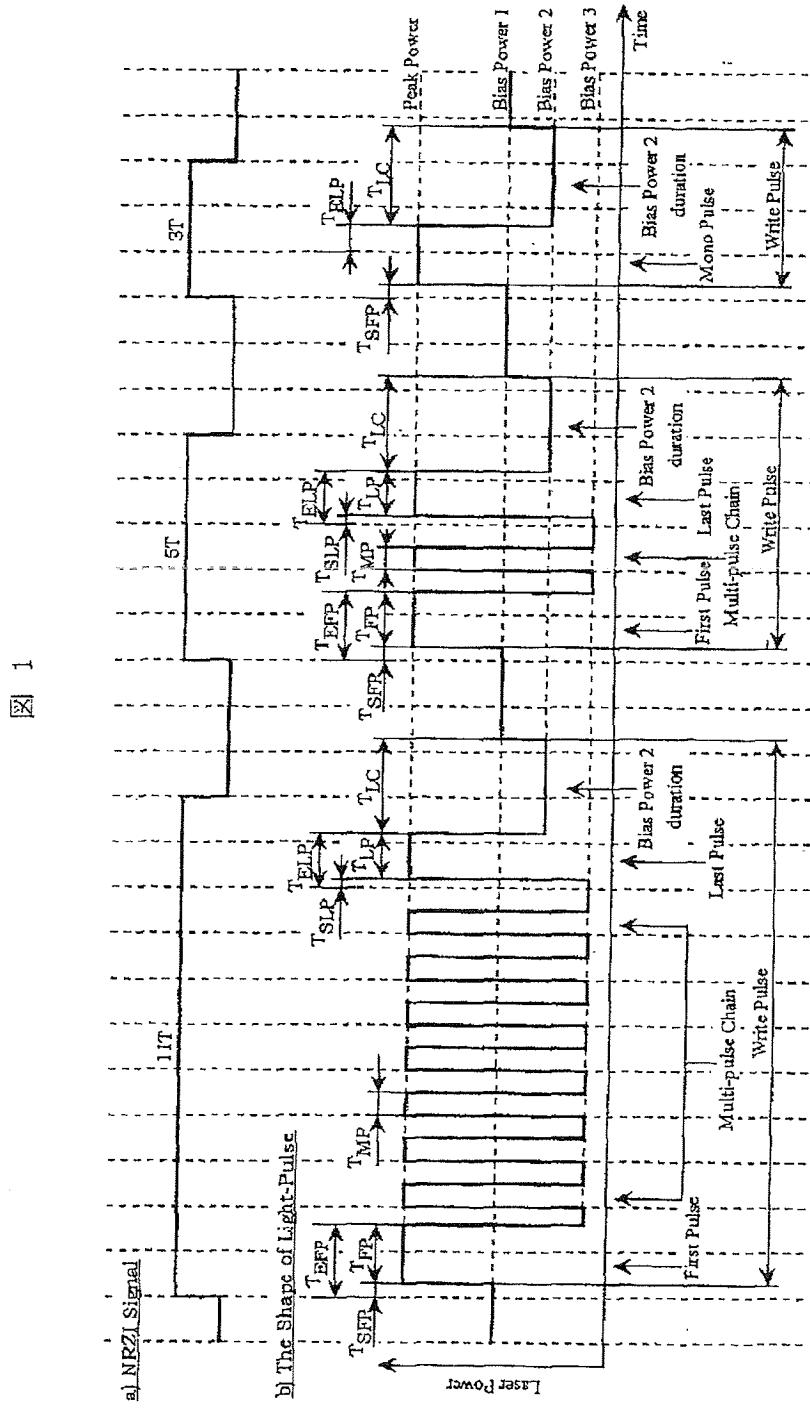
【図11】記録パターンの具体例（当該マークの長さが3vT）を示す図。

【図5】

図5

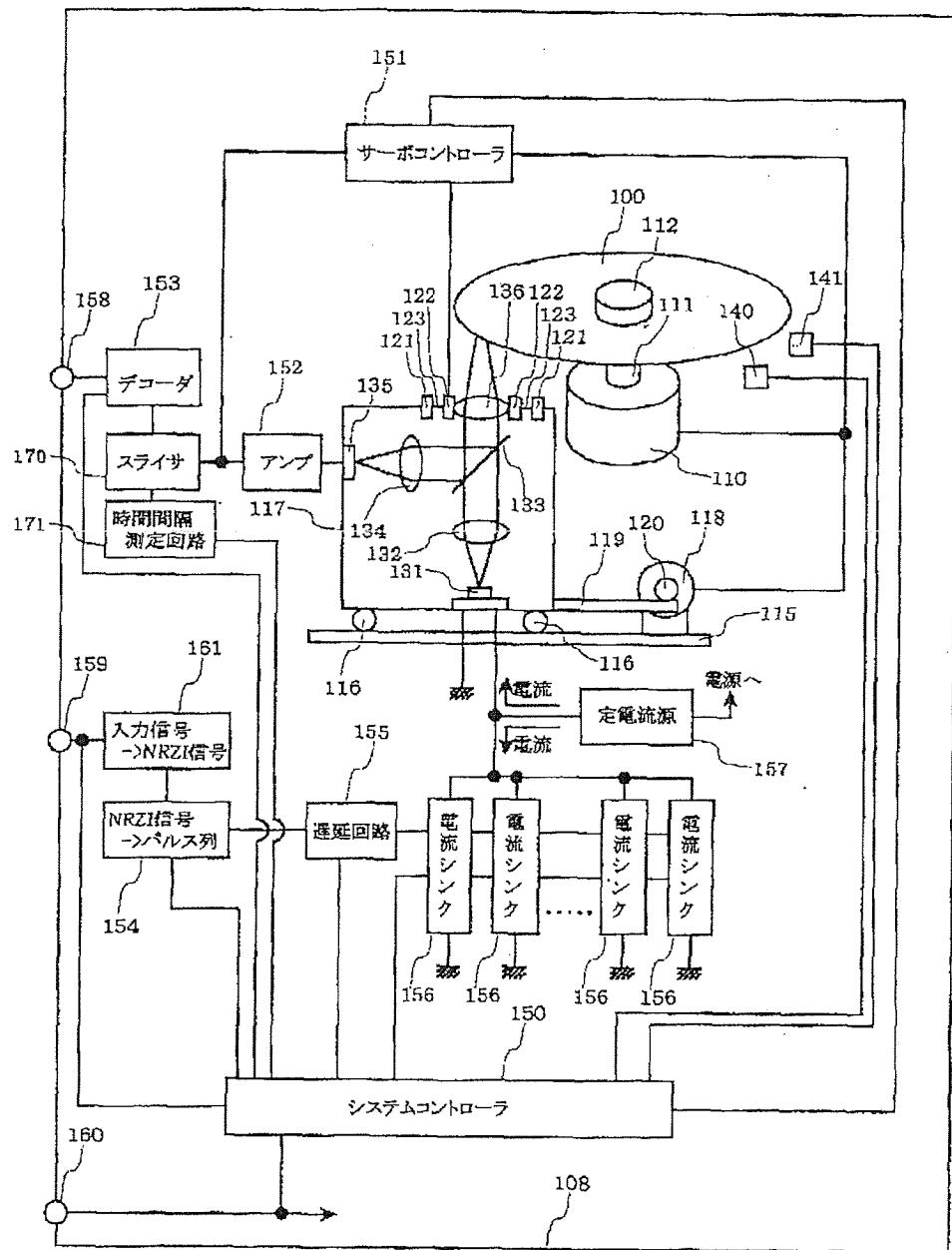


[図 1]



【图2】

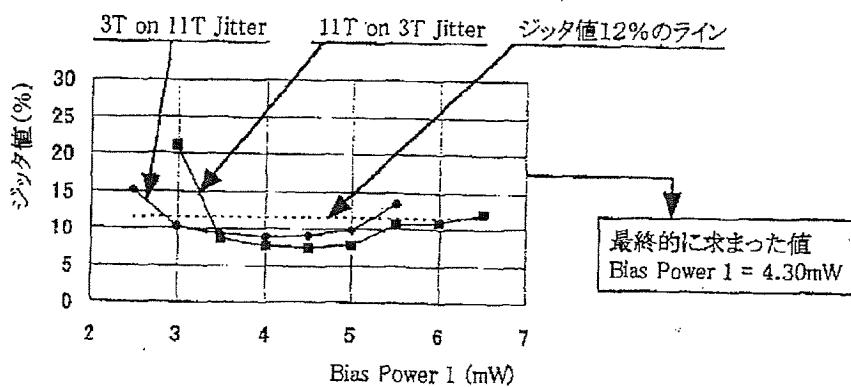
图 2



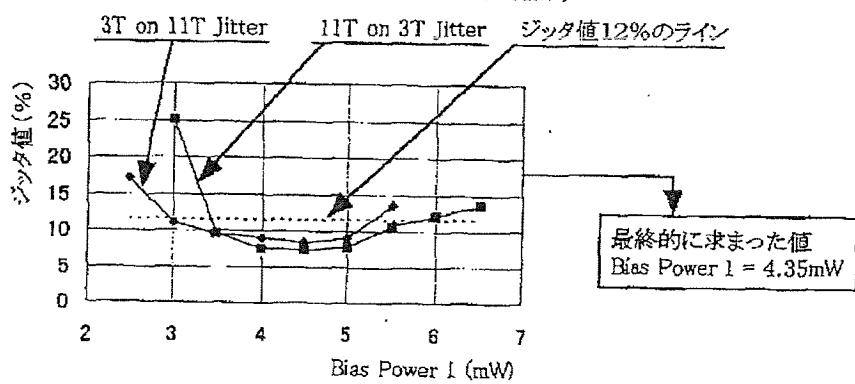
【図4】

図4

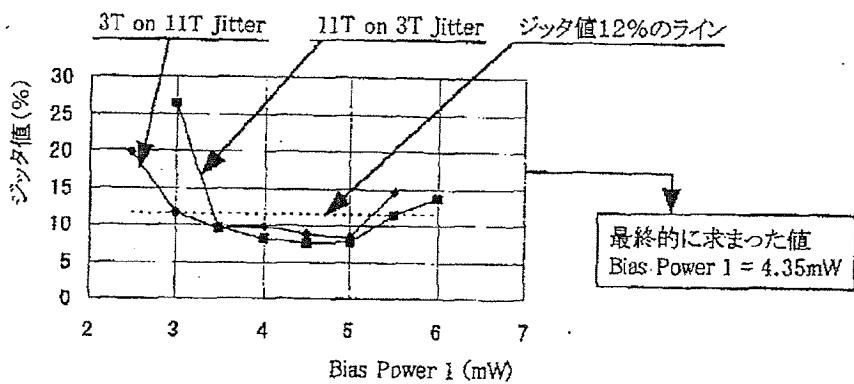
(A) Bias Power 1 と ジッタ値の関係 (Peak Power = 13.5mW)



(B) Bias Power 1 と ジッタ値の関係 (Peak Power = 12.5mW)

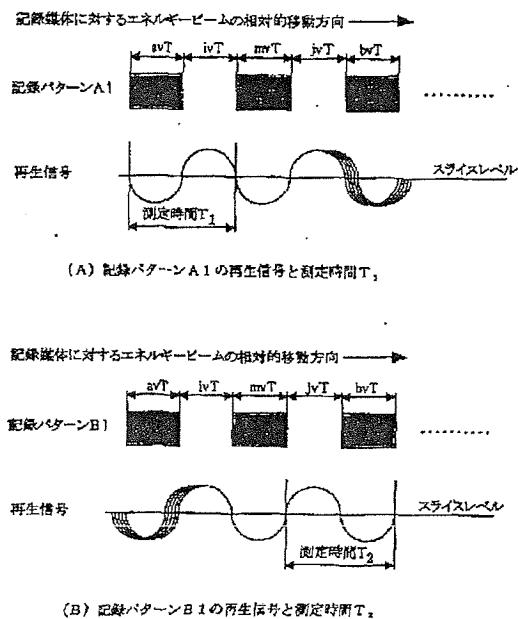


(C) Bias Power 1 と ジッタ値の関係 (Peak Power = 11.5mW)



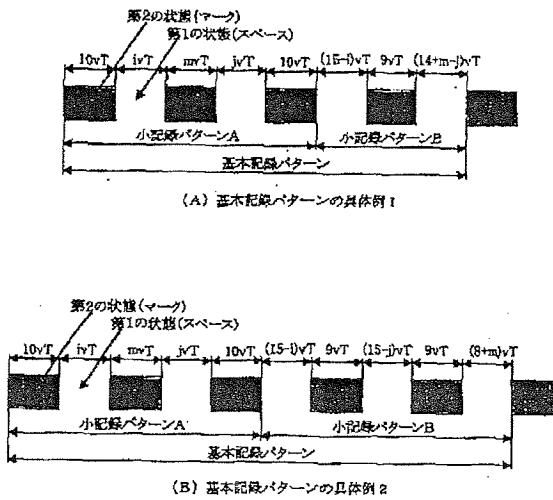
【図6】

図 6



【図7】

図 7



【図8】

図 8

 $m=6$ 

|    |   |   |   |    |    |   |    |    |
|----|---|---|---|----|----|---|----|----|
| 10 | 6 | 6 | 6 | 10 | 9  | 9 | 9  | 14 |
| 10 | 6 | 6 | 5 | 10 | 9  | 9 | 10 | 14 |
| 10 | 6 | 6 | 4 | 10 | 9  | 9 | 11 | 14 |
| 10 | 6 | 6 | 3 | 10 | 9  | 9 | 12 | 14 |
| 10 | 5 | 6 | 6 | 10 | 10 | 9 | 9  | 14 |
| 10 | 5 | 6 | 6 | 10 | 10 | 9 | 9  | 14 |
| 10 | 5 | 6 | 5 | 10 | 10 | 9 | 10 | 14 |
| 10 | 5 | 6 | 4 | 10 | 10 | 9 | 11 | 14 |
| 10 | 5 | 6 | 3 | 10 | 10 | 9 | 12 | 14 |
| 10 | 4 | 6 | 6 | 10 | 11 | 9 | 9  | 14 |
| 10 | 4 | 6 | 5 | 10 | 11 | 9 | 10 | 14 |
| 10 | 4 | 6 | 4 | 10 | 11 | 9 | 11 | 14 |
| 10 | 4 | 6 | 3 | 10 | 11 | 9 | 12 | 14 |
| 10 | 3 | 6 | 6 | 10 | 12 | 9 | 9  | 14 |
| 10 | 3 | 6 | 5 | 10 | 12 | 9 | 10 | 14 |
| 10 | 3 | 6 | 4 | 10 | 12 | 9 | 11 | 14 |
| 10 | 3 | 6 | 3 | 10 | 12 | 9 | 12 | 14 |

【図9】

図 9

 $m=5$ 

|    |   |   |   |    |    |   |    |    |    |
|----|---|---|---|----|----|---|----|----|----|
| 10 | 6 | 5 | 6 | 10 | 9  | 9 | 9  | 13 |    |
| 10 | 6 | 5 | 5 | 10 | 9  | 8 | 10 | 9  | 13 |
| 10 | 6 | 5 | 4 | 10 | 9  | 9 | 11 | 9  | 13 |
| 10 | 6 | 5 | 3 | 10 | 9  | 9 | 12 | 9  | 13 |
| 10 | 5 | 5 | 6 | 10 | 10 | 9 | 9  | 9  | 13 |
| 10 | 5 | 5 | 5 | 10 | 10 | 9 | 10 | 9  | 13 |
| 10 | 5 | 5 | 4 | 10 | 10 | 9 | 11 | 9  | 13 |
| 10 | 5 | 5 | 3 | 10 | 10 | 9 | 12 | 9  | 13 |
| 10 | 4 | 5 | 6 | 10 | 11 | 9 | 9  | 9  | 13 |
| 10 | 4 | 5 | 5 | 10 | 11 | 9 | 10 | 9  | 13 |
| 10 | 4 | 5 | 4 | 10 | 11 | 9 | 11 | 9  | 13 |
| 10 | 4 | 5 | 3 | 10 | 11 | 8 | 12 | 9  | 13 |
| 10 | 3 | 5 | 6 | 10 | 12 | 9 | 9  | 9  | 13 |
| 10 | 3 | 5 | 5 | 10 | 12 | 9 | 10 | 9  | 13 |
| 10 | 3 | 5 | 4 | 10 | 12 | 9 | 11 | 9  | 13 |
| 10 | 3 | 5 | 3 | 10 | 12 | 9 | 12 | 9  | 13 |

【図10】

図 10

 $m=4$ 

|    |   |   |   |    |    |   |    |    |    |
|----|---|---|---|----|----|---|----|----|----|
| 10 | 8 | 4 | 6 | 10 | 9  | 9 | 9  | 12 |    |
| 10 | 6 | 4 | 5 | 10 | 9  | 9 | 10 | 9  | 12 |
| 10 | 6 | 4 | 4 | 10 | 9  | 8 | 11 | 9  | 12 |
| 10 | 6 | 4 | 3 | 10 | 9  | 9 | 12 | 9  | 12 |
| 10 | 5 | 4 | 6 | 10 | 10 | 9 | 9  | 9  | 12 |
| 10 | 5 | 4 | 5 | 10 | 10 | 9 | 10 | 9  | 12 |
| 10 | 5 | 4 | 4 | 10 | 10 | 9 | 11 | 9  | 12 |
| 10 | 5 | 4 | 3 | 10 | 10 | 9 | 12 | 9  | 12 |
| 10 | 4 | 4 | 6 | 10 | 11 | 9 | 9  | 9  | 12 |
| 10 | 4 | 4 | 5 | 10 | 11 | 9 | 10 | 9  | 12 |
| 10 | 4 | 4 | 4 | 10 | 11 | 9 | 11 | 9  | 12 |
| 10 | 4 | 4 | 3 | 10 | 11 | 9 | 12 | 9  | 12 |
| 10 | 3 | 4 | 6 | 10 | 12 | 9 | 9  | 9  | 12 |
| 10 | 3 | 4 | 5 | 10 | 12 | 9 | 10 | 9  | 12 |
| 10 | 3 | 4 | 4 | 10 | 12 | 9 | 11 | 9  | 12 |
| 10 | 3 | 4 | 3 | 10 | 12 | 9 | 12 | 9  | 12 |

【図11】

図 11

m=3

|    |   |   |   |    |    |   |    |   |    |
|----|---|---|---|----|----|---|----|---|----|
| 10 | 6 | 3 | 6 | 10 | 9  | 8 | 9  | 9 | 11 |
| 10 | 6 | 3 | 5 | 10 | 9  | 9 | 10 | 9 | 11 |
| 10 | 6 | 3 | 4 | 10 | 9  | 9 | 11 | 9 | 11 |
| 10 | 6 | 3 | 3 | 10 | 9  | 9 | 12 | 9 | 11 |
| 10 | 5 | 3 | 6 | 10 | 10 | 9 | 9  | 9 | 11 |
| 10 | 5 | 3 | 5 | 10 | 10 | 9 | 10 | 9 | 11 |
| 10 | 5 | 3 | 4 | 10 | 10 | 9 | 11 | 9 | 11 |
| 10 | 5 | 3 | 3 | 10 | 10 | 9 | 12 | 9 | 11 |
| 10 | 4 | 3 | 6 | 10 | 11 | 9 | 9  | 9 | 11 |
| 10 | 4 | 3 | 5 | 10 | 11 | 9 | 10 | 9 | 11 |
| 10 | 4 | 3 | 4 | 10 | 11 | 9 | 11 | 9 | 11 |
| 10 | 4 | 3 | 3 | 10 | 11 | 9 | 12 | 9 | 11 |
| 10 | 3 | 3 | 6 | 10 | 12 | 9 | 9  | 9 | 11 |
| 10 | 3 | 3 | 5 | 10 | 12 | 9 | 10 | 9 | 11 |
| 10 | 3 | 3 | 4 | 10 | 12 | 9 | 11 | 9 | 11 |
| 10 | 3 | 3 | 3 | 10 | 12 | 9 | 12 | 9 | 11 |

## フロントページの続き

(72)発明者 宮本 光秀

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地  
株式会社日立製作所中央研究所内

(72)発明者 前田 武志

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地  
株式会社日立製作所中央研究所内

(72)発明者 峯昌 浩行

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地  
株式会社日立製作所中央研究所内

(72)発明者 戸田 剛

神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株  
式会社日立製作所デジタルメディア開発本  
部内